

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXIV.

**I. Systematische Eintheilung der Meteoriten;
von Gustav Rose¹⁾.**

Die Meteoriten sind wohl im Allgemeinen in Eisen- und Stein-Meteorite unterschieden, außerdem aber stets nur nach ihrer Fund- und Fallzeit aufgeführt und einer eigentlichen wissenschaftlichen Eintheilung bisher nicht unterworfen worden. Sie sind aber Gemenge verschiedener chemischen Verbindungen wie die Gebirgsarten der Erde, und müssen daher auch wie diese bestimmt und eingetheilt werden, wenn auch die Bestimmung ihrer Gemengtheile bei der Kleinheit mehrerer derselben und der Kostbarkeit des Materials bis jetzt zum Theil nur unvollkommen hat geschehen können. Ich habe dieß in der genannten Abhandlung versucht, und bei den Eisenmeteoriten 3, bei den Steinmeteoriten 6 Arten, Meteoritenarten kann man sie nennen, wie man sagt: Gebirgsarten, Felsarten, unterschieden; bei den Eisenmeteoriten nämlich:

1) Meteoreisen

2) Pallasit

3) Mesosiderit,

bei den Steinmeteoriten:

1) Chondrit

2) Howardit

3) Chassignit

1) Auszug aus der so eben in den Schriften der k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin für 1863 erschienenen Abhandlung: Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten auf Grund der Sammlung im mineralogischen Museum zu Berlin.

- 4) Chladnit
- 5) Shalkit
- 6) kohlige Meteoriten
- 7) Eukrit.

I. Eisenmeteorite.

1. *Meteoreisen.* Es ist bekanntlich nicht reines Eisen, sondern eine Verbindung mit 3 bis 9 Proc. Nickel, anderer nur in sehr geringer Menge vorkommender Metalle nicht zu gedenken; es enthält aber außerdem noch mehrere Einmengungen, die, da sie gleichen Glanz und Farbe wie das Eisen haben, auf dem Bruche und selbst auf der stark polirten Schnittfläche gar nicht oder nur in einzelnen Fällen sichtbar sind, aber erkannt werden können wenn, wie v. Widmannstätten zuerst gezeigt hat, die Schnittfläche mit schwacher Salpetersäure geätzt wird, wodurch sie als darin unlöslich hervortreten, oder wenn das Eisen schwach geglüht wird, wodurch sie mit andern Farben anlaufen z. B. gelb, wenn das Eisen schon blau ist.

Das Meteoreisen findet sich in mehr oder weniger stumpfeckigen Massen, die man an mehreren Orten der Erdoberfläche gefunden hat, und von denen man mehrere hat fallen sehen, die aber sämmtlich nur Bruchstücke gröfserer Massen sind, welche durch die bei ihrem Durchzuge durch die Atmosphäre entstandene Hitze zerplatzt und an der Oberfläche geschmolzen sind. Die, welche man unmittelbar nach dem Falle gesammelt hat, sind auf der Oberfläche voller rundeckiger Erhabenheiten und Vertiefungen, und hier mit nur einer dünnen Rinde von Eisenoxydoxydul bedeckt, die bei dem Durchzuge durch die Luft durch Schmelzung und Oxydation der Oberfläche des Eisens entstanden, gröfstentheils aber abgetropft, und nur zum kleinsten Theil durch Adhäsion festgehalten ist ¹⁾, während die, welche längere Zeit auf der feuchten Erde gelegen haben, an der Oberfläche stärker oxydirt und durch

1) Vergl. v. Reichenbach in Poggendorff's Ann. 1858, Bd. 103, S. 637.

Aufnahme von Wasser zum Theil in Eisenoxydhydrat umgeändert, dadurch aber erhalten sind, indem die entstandene Kruste den weitem Eingriff der Atmosphäre verhindert hat¹⁾.

Das Meteoreisen der verschiedenen Fundörter besteht nun theils aus Bruchstücken von Individuen oder von grob- oder feinkörnigen Aggregaten von Individuen. Die ersten sind zuweilen ohne alle schalige Zusammensetzung, wie das Eisen von Braunau; viel häufiger bestehen sie aus schaligen, parallel den Flächen des Octaëders gehenden Zusammensetzungsstücken, wie das Eisen von Elbogen, Lenarto, Misteca. Was das erstere anbetrifft, so ist es wie das künstlich dargestellte Eisen nach den Flächen des Hexaëders spaltbar, doch lassen sich bei seiner Zähigkeit die Spaltungsflächen nur dadurch erhalten, daß man größere Stücke zum Theil durchsägt, und sie dann vollends mit Gewalt zerreißt. Mit schwacher Salpetersäure geätzt, zeigen die Spaltungsflächen, oder noch besser diesen parallel geschliffene und geätzte Flächen linienartige Furchen, die parallel den Diagonalen der Hexaëderflächen und Linien gehen, die aus zwei benachbarten Winkeln dieser

Fig. 1



Flächen nach den Mitten der gegenüberliegenden Seiten gezogen werden, wie in Fig. 1. Diefs sind Linien, die parallel den Durchschnitten der Hexaëderfläche sowohl mit den Flächen des Triakisoctaëders ($a:a:2a$), als des Icositetraëders ($a:2a:2a$) gehen, und es schien mir bei Verfolgung der Linien

1) Sie werden dann zufällig gefunden, und kommen, wenn sie auch zuweilen wieder durch den Unverstand der Menschen ganz oder zum Theil vernichtet werden, in die Sammlungen; dagegen die Steinmeteoriten, wenn sie nicht gleich nach dem Falle gesammelt werden, verwittern und zerfallen und somit untergehen; diefs ist auch der Grund, weshalb man in den Museen fast ebenso viel (in dem Berliner Museum $\frac{1}{3}$ soviel) Eisen- wie Steinmeteoriten findet, obgleich erstere doch unvergleichlich seltener fallen und man von ihnen in der That erst drei hat fallen sehen.

auf den benachbarten Hexaëderflächen, daß sie sowohl den Durchschnitten der Hexaëderfläche mit der einen als auch mit der andern dieser Formen parallel gingen. Diese Linien sind aber nicht alle gleichzeitig oder überall auf der Spaltungsfläche vorhanden, sondern einige derselben sind auf einer, andere auf einer andern Stelle angehäuft, und gewöhnlich sind auf einer Spaltungsfläche die Linien einer Richtung, auf einer andern die Linien einer andern Richtung vorwaltend. Ganz ähnliche Aetzungslinien, nur feiner, erscheinen auch, wenn man die Spaltungsflächen des künstlich dargestellten Eisens ätzt.

Zu den Einmengungen, die in diesen Abänderungen vorkommen, gehören zuerst kleine prismatische Krystalle, die äußerst dünn, und selten über eine Linie lang sind, und die ich wegen ihrer Gestalt von kleinen Stäben (wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet), nach $\rho\acute{\alpha}\beta\delta\omicron\varsigma$ der Stab, Rhabdit genannt habe. Sie haben in dem Eisen eine ganz bestimmte Lage, und liegen parallel den dreierlei Kanten des Hexaëders der Spaltungsflächen, so daß man also auf jeder Hexaëderfläche die den Kanten derselben parallel liegenden in ihrer wahren Länge, die den darauf rechtwinkligen Kanten parallel liegenden in ihren

Fig. 2.



Durchschnitten sehen kann, wo sie bei ihrer Kleinheit wie Punkte erscheinen, wie in Fig. 2.

Macht man von der geätzten Hexaëderfläche einen Hausenblasenabdruck, und betrachtet man denselben unter dem Mikroskop, so sieht man an den Querschnitten deutlich, daß es quadratische Prismen sind, die mit ihren Seitenflächen eine theils zweien Hexaëderflächen des Eisens, worin sie eingewachsen sind, parallele, theils diagonale Stellung haben, ja es scheinen nicht nur zwei, sondern noch mehr Stellungen zu seyn, die diese Krystalle in dem Eisen einnehmen, was noch weiter untersucht werden muß. Man kann sich von dieser Lage der Rhabditkrystalle durch das Schillern der ge-

ätzt
gen,
eing
geät
ihr
dure
acht
sehr
ligen
die
das
lösl
Abä
Einn
Boh
riten
Salt
ein
chen
setz
papi
Rei
läng
oxyd
blätt
durch
Bruc
rall
die
Rei
sich
erha
und
1) v

ätzten Spaltungsflächen in bestimmten Richtungen überzeugen, besonders in den Fällen, wo sie in grösserer Menge eingewachsen sind. Durch diese Einmengungen zeigt eine geätzte Spaltungsfläche des Meteoreisens, wenn man von ihr die Flamme einer Kerze reflectiren läßt, oder dieselbe durch einen Hausenblasenabdruck der geätzten Fläche beobachtet, einen sehr deutlichen Asterismus, indem man einen sehr deutlichen Lichtschein in der Gestalt eines rechtwinkligen Kreuzes sieht ¹⁾.

In Rücksicht der chemischen Zusammensetzung bestehen die Rhabditkrystalle wahrscheinlich aus Phosphornickeleisen, das Berzelius in dem in verdünnter Salpetersäure unlöslichen Rückstande des Meteoreisens auch bei solchen Abänderungen gefunden hat, die andere phosphorhaltige Einmengungen nicht enthalten, wie z. B. bei dem Eisen von Bohumilitz.

Außer dem Eisen von Braunau gehören von den Meteoriten des Berliner Museums noch hierher das von Claiborne, Saltillo und Dakota.

Bei den Abänderungen des Meteoreisens, das aus übereinander liegenden Schalen besteht, die parallel den Flächen des Octaëders gehen, wird die schalige Zusammensetzung dadurch hervorgebracht, daß zwischen dieselbe sich papierdünne Blättchen einer Substanz gelegt haben, die Reichenbach Tänit genannt hat. Bei dem Meteoreisen, das längere Zeit auf der feuchten Erde gelegen, und sich hier oxydirt hat, zieht sich die Oxydation parallel den Tänitblättchen in die Masse hinein, und das Eisen zerfällt hier durch einige schwache Hammerschläge leicht in octaëdrische Bruchstücke, oder in Schalen, die den Octaëderflächen parallel gehen, von denen sich nun sehr leicht die Blättchen, die sich frisch erhalten haben, abheben lassen. Dieß hat Reichenbach bei dem Eisen von Cosby gethan, wo sie sich zuweilen von der bedeutenden Größe von 3 Zollen erhalten lassen. Reichenbach der Sohn hat sie analysirt und gefunden, daß sie auch nur Nickeleisen sind, das aber

1) Vergl. Poggendorff's Ann. 1862, Bd. 117, S. 632.

13,2 Proc. Nickel enthält, während das ganze Eisen mit Einschluss der Blättchen nur 10,1 Proc. enthält. Bei der Aetzung einer Schnittfläche eines solchen Meteoreisens treten sie als schmale Leisten hervor, und bilden nun die eigenthümlichen Figuren, die man nach v. Widmannstätten, der sie zuerst dargestellt hat, die Widmannstätten'schen Figuren nennt. Sie lassen sich abdrucken wie eine Kupferplatte, was auch Widmannstätten gethan hat, und nach ihm vielfältig ausgeführt ist, und geben so vollkommen naturgetreue Zeichnungen. Die hervortretenden Leisten bilden auf der Zeichnung Streifen, die nach vier Richtungen gehen, die sich unter verschiedenem Winkel durchschneiden, je nach der verschiedenen Lage der Schnittfläche zu den Octaëderflächen. Auf einer Schnittfläche, die einer Octaëderfläche genau parallel ginge, würde man nur Streifen nach drei Richtungen sehen, und diese würden sich unter Winkeln von 60° schneiden. Die Streifen stehen verschieden weit auseinander, bei dem Eisen von Bohumilitz oder Crambourne $1\frac{1}{2}$ bis 2 Linien, bei dem Eisen von Tazewell, das durch die Zierlichkeit der Figuren ausgezeichnet ist, oft kaum eine halbe Linie.

Auf der geätzten Schnittfläche dieser Abänderungen kann man nun die Aetzlinien, wie auch die eingemengten Rhabditkrystalle mehr oder weniger deutlich sehen; sehr gut zum Beispiel bei dem Eisen von Bohumilitz, Misteca, Schwetz, Toluca. Manches Meteoreisen zeigt indessen diese Rhabditkrystalle nicht, sondern statt deren in der Mitte der Schalen kleine Platten oder längliche platte Körner, wie das Eisen von Lenarto und Sarepta, die Haidinger Schreibersit, Reichenbach Lampritz genannt hat. Die Analyse des in der verdünnten Salpetersäure unlöslichen Rückstandes dieses Eisens hat auch Phosphor ergeben, der Schreibersit scheint daher wie der Rhabdit aus Phosphornickелеisen zu bestehen, und es wäre daher wohl möglich, dass Rhabdit und Schreibersit, nur verschiedene Zustände einer und derselben Verbindung sind. Diefs wird noch dadurch wahrscheinlich, dass manches Meteoreisen, wie das

von Arva und Toluca, in einzelnen Stücken nur Rhabditkrystalle, in andern nur Schreibersit enthält. Ist dies ausgemacht, so muß natürlich der Name Rhabdit als der später gegebene fortfallen.

Zu den aus grobkörnigen Zusammensetzungsstücken bestehenden Abänderungen des Meteorisens gehört besonders das von Seeläsgen. Die Zusammensetzungsstücke sind häufig in die Länge gezogen, und liegen dann oft in paralleler Richtung aneinander; es ist möglich, daß diese Abänderungen doch nur schalige sind, wie die ersteren, nur dickschaligere, und die gesetzmäßige Lage der Schalen nur nicht erkannt ist. Dies macht noch der Umstand wahrscheinlich, daß auch bei diesen Eisenmassen gewisse Zusammensetzungsstücke in bestimmter Lage der Schnittfläche glänzen, andere nicht, während diese dann in einer andern Lage der Schnittfläche glänzen, wo die ersteren matt sind. Bei denen, die zu gleicher Zeit glänzen, müssen also doch die Aetzlinien und die Rhabditkrystalle, die den gleichzeitigen Glanz hervorbringen, eine gleiche Lage haben. Ein genaueres Studium dieser Stücke wird dies ausmachen. Die Untersuchung ist immer schwierig, weil sich das Eisen nicht spalten läßt, und Flächen, denen man eine bestimmte Richtung geben will, immer erst geschnitten werden müssen, was theils mühsam ist, theils mit großer Genauigkeit gar nicht auszuführen ist. Die Zusammensetzungsstücke des Eisens von Seeläsgen zeigen die Aetzlinien und Rhabditkrystalle oft außerordentlich schön.

Zu den feinkörnigen Abänderungen gehören das Meteorisens von Chesterville, Rasgata, Cap d. g. Hoffn. usw. In diesen kommen auch in verdünnter Salpetersäure unlösliche Blättchen, Körnchen und kleine Prismen vor, die möglicher Weise Tănit, Schreibersit und Rhabdit sind, aber eine unregelmäßige Lage in dem Eisen haben. Das Eisen vom Cap zeigt aber noch eine sehr auffallende Erscheinung; es ist vollkommen feinkörnig und gleichartig, während man doch auf der geätzten Schnittfläche sieht, daß es aus vollkommen geradflächigen, wenn auch fest verbun-

denen Schichten besteht, die bei bestimmter Lage der Schnittfläche abwechselnd matt und glänzend sind, während bei anderer Lage der Schnittfläche die Schichten sich in Rücksicht des Glanzes gerade entgegengesetzt verhalten. Die Ursache dieses Unterschiedes wird auch bei einer mikroskopischen Untersuchung des von der geätzten Fläche genommenen Hausenblasenabdrucks nicht deutlich. Das Eisen vom Cap ist auch durch eine verhältnißmäßig große Weichheit ausgezeichnet, worin es einen auffallenden Gegensatz mit dem Eisen vom Rasgata bildet, das so hart ist, daß es das erstere mit Leichtigkeit ritzt.

Alle diese Abänderungen sind aber feinkörnig, ein eigentlicher Uebergang in die grobkörnigen kommt nicht vor, wodurch es auch wahrscheinlich wird, daß die grobkörnigen Abänderungen, wie die von Seeläsgen, doch regelmäßig zusammengesetzt sind.

Zu den bemerkenswerthen Abänderungen gehört noch das Eisen von Zacatecas in Mexico. Es besteht aus Zusammensetzungsstücken, die bis über Zoll groß nach den drei Dimensionen ziemlich gleichmäßig ausgedehnt sind, die aber wiederum aus schaligen Zusammensetzungsstücken bestehen, nach Art derer, die die Widmannstätten'schen Figuren geben. In der Mitte der Schalen ist Schreibersit enthalten, der in einzelnen, zuweilen ziemlich regelmäßig begränzten und sehr geradlinig an einander gereihten Kry stallen ausgeschieden ist, während die Begränzung der Schalen weniger regelmäßig ist, und die trennenden Tänitblättchen sehr dünn sind.

Alle diese Abänderungen des Meteoreisens enthalten außerdem noch gewisse Einnengungen, die dadurch ausgezeichnet sind, daß sie sich nicht selten in größern Partien finden, bis zu der Größe eines Zolles und drüber, wenn auch häufig darunter, und daß sie ganz unregelmäßig in dem Eisen vorkommen, auch ganz fehlen. Diese sind die Einnengungen von Schwefeleisen und Graphit. Das Schwefeleisen ist, wie die Untersuchungen von Ram melsberg gezeigt haben, nicht Magnetkies, sondern Ein-

fach-Schwefeleisen, wie solches unter den tellurischen Mineralien noch nicht beobachtet ist, daher es von Haidinger als etwas besonderes mit einem besondern Namen Troilit bezeichnet ist.

Wie in der Zusammensetzung unterscheidet es sich auch durch höheres specifisches Gewicht, das 4,8 beträgt, während das des Magnetkieses nie viel über 4,6 hinausgeht, und dadurch, daß es sich in Chlorwasserstoffsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff ohne Rückstand von Schwefel auflöst. Die Farbe ist sonst tombakbraun, wie beim Magnetkies; regelmässig begränzt ist es bis jetzt noch nicht vorgekommen, wenn es auch zuweilen aus dünnschaligen Zusammensetzungsstücken besteht, wie in dem Eisen von Sarepta. Ob nun sämmtliches in dem Meteoreisen enthaltenes Schwefeleisen Troilit ist, und nicht auch Magnetkies vorkommt, ist noch zu untersuchen, da sich in den Steinmeteoriten ohne Zweifel Magnetkies findet, der durch die Form bestimmt ist, und also auch in den Eisenmeteoriten vorkommen kann.

Der Graphit kommt in Parthien von ähnlicher Grösse vor, er ist feinschuppig und nicht krystallisirt, doch fand ihn Haidinger in Pseudomorphosen in der Form von Hexaëdern. Sie schienen mir, als sie Haidinger die Güte hatte mir zur Ansicht zu schicken, Zuschärfungen der Kanten zu haben; es könnten also möglicher Weise Pseudomorphosen nach Diamant seyn. Aber Diamant ist noch nie in den Meteoriten beobachtet. Das Meteoreisen von Toluca, Bohumilitz, Arva enthält viele grosse Parthien von diesen Einmengungen, und stets beide. Sie sind stets mit einer Hülle von Schreibersit oder Tănit, was noch nicht untersucht ist, umgeben.

Außer den genannten Einmengungen ist noch Chromeisenerz anzuführen; es findet sich jedoch nur selten und in kleinen Parthien und ist oft dem Troilit eingemengt, wie bei dem Eisen von Schwetz und Carthago. Einen kleinen Quarzkrystall habe ich in der oxydirten Rinde des Toluca-Eisens gefunden.

2. *Pallasit*. Ein Gemenge von Meteoreisen mit Olivin. Das Meteoreisen bildet die Grundmasse, worin Olivin-Krystalle porphyrtartig eingewachsen sind. Es gehören hierher die Eisenmeteorite von Krasnojarsk (das Pallas-Eisen), von Brabin, Atacama, Steinbach, Rittersgrün etc.

Die Olivinkrystalle sind bei dem Pallas-Eisen am schönsten ausgebildet, sie sind hier gelblichgrün durchsichtig, stark glänzend, 2 bis 4 Linien groß und zuweilen noch größer, und liegen entweder ganz frei in dem Eisen, oder häufiger noch zu mehreren nebeneinander, sich gegenseitig in der Ausbildung störend. Im erstern Fall sind sie ganz rund und haben nur einzelne Flächen, die sich gewöhnlich nicht treffen, aber überaus glatt und glänzend sind, so daß man mit großer Genauigkeit ihre Winkel gegen einander bestimmen und auf diese Weise ausmachen kann, was es für Flächen sind, die man gemessen. Zuweilen zeigen sie eine große Menge von Flächen, die sich dann auch in Kanten schneiden. Sie lassen sich leicht aus dem Eisen, worin sie liegen, loslösen, und hinterlassen darin glattflächige Eindrücke; sie sind ferner noch merkwürdig durch geradlinige unter einander parallele Einschlüsse, die unter dem Mikroskop das Ansehen von Röhren haben, welche zum Theil mit einer schwarzen Substanz erfüllt sind. Den Olivinkrystallen aus dem Pallas-Eisen gleichen am meisten die von Brabin, in denen sich ebenfalls die röhrenartigen Einschlüsse finden. In dem Eisen von Steinbach und Rittersgrün sind sie kleiner, stärker grün gefärbt und mehr zusammengehäuft, in dem von Atacama wohl größer aber stärker verwittert, sehr klüftig und nicht durchsichtig.

Die Olivinkrystalle oder Krystallgruppen liegen bei den verschiedenen Pallasiten mehr oder weniger eng aneinander, so daß die Olivin-freien Stellen zwischen ihnen kleiner oder größer sind. Das letzte ist bei den P. von Steinbach und Rittersgrün der Fall, und hier läßt sich die Structur des Eisens gut erkennen. Man sieht dann auf der geätzten Schnittfläche überall Widmannstätten'sche Figuren, deren Streifen überall eine gleiche Richtung haben, daher

das Eisen hier aus *einem* Individuum besteht. Bei dem Pallas-Eisen sind die Olivinkrystalle gröfser, und die freien Räume zwischen ihnen kleiner; wo sie aber etwas gröfser sind, erscheinen durch Aetzung auch Widmannstätten'sche Figuren, deren Streifen aber keine gleiche Richtung untereinander haben; das Eisen besteht bei ihm also aus mehreren Individuen, und ein gleiches ist auch bei dem P. von Brabin und Atacama der Fall. In allen Fällen sind aber die Olivinkrystalle oder Krystallgruppen erst mit einer dünnen Hülle von Meteoreisen und sodann mit einer noch dünnern von Tänit umgeben, wie dies ausführlich von Reichenbach beschrieben ist.

Kleine Mengen von Troilit und noch geringere Mengen von Chromeisenerz finden sich auch in dem Pallasit, letzteres besonders in dem P. von Brabin und Atacama.

3. *Mesosiderit*. Ein körniges Gemenge von Meteor-eisen mit Olivin und Augit, wozu auch noch etwas Troilit tritt. Es gehören hierher die Eisenmeteorite von der Sierra de Chaco, von Copiapo und Atacama. Metallische und nicht metallische Gemengtheile halten sich ziemlich das Gleichgewicht, daher der Mesosiderit in der Mitte zwischen den Eisen- und Steinmeteoriten steht. Das Gemenge ist im Allgemeinen feinkörnig, doch liegen darin einzelne gröfsere unregelmäfsig begränzte Individuen von Olivin, Augit und auch von Eisen; der Olivin in dem M. von Hainholtz hat zuweilen die Gröfse einer Wallnufs. Das feinkörnige Gemenge ist erst deutlich zu erkennen, wenn die Masse angeschliffen und polirt ist, wo bei dem starken Glanze, welches das Eisen durch die Politur erhält, es um so stärker aus der umgebenden Masse hervortritt. Der Olivin ist gelblichgrün mit einem Stich ins braun, und nur an den Kanten durchscheinend; der Augit schwärzlichgrün, und deutlich spaltbar, woran er bestimmt zu erkennen ist. Ersterer ist unschmelzbar, letzterer schwer, doch an den Kanten zu einem schwarzen Glase schmelzbar. Die gröfseren Parthien von Eisen geben geätzt auch Widmann-

stätten'sche Figuren, ihre Streifen liegen aber in den verschiedenen Stellen verschieden.

II. Steinmeteorite.

1. *Chondrit*. Er ist unter den Steinmeteoriten die am häufigsten vorkommende Meteoritenart, wie das Meteor-eisen unter den Eisenmeteoriten. Eine feinkörnige, graulichweisse, asch- und schwärzlichgraue bis graulichschwarze, mehr oder weniger feste Masse, worin runde Kugeln wie Schrotkörner oder seltener wie Erbsen groß, mehr oder weniger häufig enthalten sind und außerdem Nickeleisen überall fein eingesprengt ist. Das Gemenge so feinkörnig, daß es noch nicht gelungen ist, die Gemengtheile vollständig zu erkennen.

Die Farbe des Chondrits ist oft an verschiedenen Stellen eines und desselben Stücks verschieden, weiß und grau (Güterslohe) oder graulichweiß und schwarz (Siena, Chanton-nay), und die Farben schneiden meistens ziemlich scharf aneinander ab, wie ganz besonders bei dem Ch. von Siena. Die mit dunkleren Farben, wie die Ch. von Erxleben, Kl. Wenden, Chanton-nay sind die festeren, und so hart, daß sie sich nicht mit dem Messer ritzen lassen, die letztern wie die Ch. von Mauerkirchen, Jowa, Bachmut sind weniger fest, oft schon mit den Fingern zerreiblich. Die erstern haben auch schon einigen Glanz, der den letztern fehlt. Die in der feinkörnigen Masse enthaltenen Kugeln sind oft an einem und demselben Stücke verschieden groß; im Bruche sind sie theils uneben und mit Sprüngen durchsetzt, die unter einander mehr oder weniger parallel sind, theils feinfaserig, aber nie radial, sondern excentrisch faserig, wie der die Blasenräume des Basalts häufig ausfüllende Aragonit; sie sind ferner von einer ähnlichen Farbe, wie die Grundmasse worin sie liegen, doch bald heller bald dunkler, wie diese, und nicht selten finden sich Kugeln von beiden Farben, in einem und demselben Chondrit (Mező-Madaras, Cabarras, Aufson) ja es finden sich Kugeln, die graulichschwarz sind, und einen lichten Kern haben (Krasnoi-Ugol). In

den festern Chondriten sind sie fester, in den weniger festen sind sie weniger fest mit der Grundmasse verwachsen und fallen dann gewöhnlich beim Zerschlagen des Gesteins aus derselben heraus. Das Eisen ist meistens von unebener Oberfläche, eckig und zackig, als hätte es überall den Eindrücken der übrigen Masse nachgegeben, nur grössere Körner kommen gleichmässig abgerundet vor, wie ein 3 Linien großes Korn in dem Ch. von Barbotan des Berl. Museums. Man erkennt die Menge desselben auch hier am besten auf einer geschliffenen und polirten Fläche; die feinen Körner sind sogar nur dann zu erkennen, und man sieht dann auch, dass sie selbst in den Kugeln häufig enthalten sind. Ebenso erkennt man nun erst, dass ein Theil des fein eingesprengten Gemengtheils aus Magnetkies¹⁾ besteht, der aber auch zuweilen in einzelnen grössern Partien vorkommt, die selbst grösser sind als die, welche bei dem Eisen vorkommen. (Ch. von Grünberg). In den festern grauen Chondriten sieht man in der Masse einzelne gelblichgrüne durchsichtige Körner von Olivin, die auch zuweilen einen rectangulären Durchschnitt auf der Bruchfläche des Meteoriten erkennen lassen, (Erleben, und Pul-tawa), wie denn auch ein Theil der durchsichtigern Kugeln mit unebenem Bruch aus Olivin bestehen mag; einzelne schwarze Körner zuweilen von der Grösse eines Schrotkorns (*Chateau Renard*) beweisen sich als Chromeisenerz. Andere Gemengtheile sind nicht darin zu erkennen; was man sonst darin angegeben hat, scheint nur auf einem Irrthum zu beruhen. Die Rinde der Chondrite ist schwarz und matt, zuweilen uneben durch hervorragende Eisenkörner.

Noch besser als auf dem bloßen Bruch sieht man die angegebenen Gemengtheile unter dem Mikroskop bei dünn

1) Vielleicht auch aus Troilit, doch ist dies noch nicht ausgemacht. Da in dem Eukrite bestimmt Magnetkies vorkommt, und dieser hier durch die Form als solcher anerkannt ist, so habe ich einstweilen alles Schwefeleisen der Steinmeteorite Magnetkies genannt, wie oben S. 201 alles Schwefeleisen der Eisenmeteorite Troilit genannt ist.

geschliffenen und dadurch durchsichtig gewordenen Plättchen, die sich freilich nur bei den festern herstellen lassen. Man sieht an diesen durchsichtige, farblose und undurchsichtige schwarze Theile und die Kugeln. Erstere sind oft regelmässig begränzt, wo sie an die schwarzen Theile angränzen und dann wahrscheinlich Olivin. Betrachtet man die schwarzen Theile nur bei auffallendem Lichte, so glänzen einige mit Metallglanz, andere nicht; erstere lassen sich durch stärkern oder geringern Glanz in Nickeleisen und Magnetkies unterscheiden, die andern sind ganz undurchsichtig oder schon etwas mit schwärzlich grünem Lichte durchscheinend; die ganz undurchsichtigen sind offenbar Chromeisenerz, was aber die andern sind, ist noch ganz zweifelhaft.

Vor dem Löthrohre wird die ganze Masse des Steins schwarz, schmilzt aber nicht; ebenso verhalten sich auch die Kugeln. In Chlorwasserstoffsäure werden die metallischen Gemengtheile unter Entwicklung von Wasserstoff und Schwefelwasserstoff und röthlich gelber Färbung der Säure aufgelöst, und die Silicate mehr oder weniger zersetzt. Da so kein Gemengtheil des Chondrits in Chlorwasserstoffsäure vollkommen unlöslich ist, das Chromeisenerz ausgenommen, so läßt sich eine absolute Trennung der Silicate durch diese Säure nicht bewirken, wohl aber bei gewisser Vorsicht eine annähernde, und so haben Berzelius zuerst, und nach ihm Andere mehrere Chondrite analysirt, indem sie zuerst das fein geriebene Pulver mit dem Magnete auszogen, und darauf die in Chlorwasserstoffsäure leicht zersetzbaren Silicate von den schwerer zersetzbaren und das Chromeisenerz trennten. Die Analysen haben alle sehr ähnliche Resultate gegeben, ungeachtet des oft sehr verschiedenen Ansehens der Chondrite. Rammeisberg fand so in dem Chond. von Kl. Wenden Nickel-eisen 22,9, Schwefeleisen ¹⁾ 5,61, Chromeisenerz 1,04 und Silicate 70,45. Die Menge der zersetzbaren Silicate kam

1) Als Einfach-Schwefeleisen genommen. Die Annahme als Magnetkies ändert die Rechnung sehr wenig.

in allen Analysen der unzersetzbaren ungefähr gleich. Die erstern enthielten aufser Kieselsäure vorzugsweise Magnesia und etwas Eisenoxydul, in dem Verhältniß, daß der Sauerstoff der Säure gleich ist dem der Basen, sie bestehen also offenbar aus Olivin; die letztern enthielten aufser diesen Bestandtheilen noch eine geringe Menge von Thonerde und noch geringere Mengen von Kali und Natron; der Sauerstoff der Säure zu dem der Basen ungefähr wie 2:1. Berzelius schloß hieraus auf Augit und Leucit, Rammelsberg auf Augit und Labrador, Andere machten noch andere Annahmen; doch giebt dazu die mineralogische Untersuchung keine Veranlassung. So wahrscheinlich die Annahme von Olivin in dem zersetzbaren Gemengtheil ist, so wenig annehmbar sind die sämmtlichen Annahmen in dem unzersetzbaren.

Unsere Kenntniß von der mineralogischen Beschaffenheit der Chondrite ist daher noch sehr mangelhaft. Mit Gewisheit ist in demselben nur nachgewiesen aufser den metallischen Gemengtheilen, dem Nickeleisen und dem Schwefeleisen, von dem es auch noch nicht ausgemacht ist, ob es Einfach-Schwefeleisen oder Magnetkies ist, und aufser dem Chromeisenerz, von Silicaten nur Olivin; woraus die Kugeln mit fasriger Structur und geringer Durchscheinheit bestehen, wenn die durchsichtigeren Olivin sind, woraus der schwärzlich grüne Gemengtheil neben dem Chromeisenerz, den die mikroskopische Beobachtung der dünnen Schiffe ergeben hat, besteht, welchem Gemengtheil die wenn auch nur geringen Mengen von Thonerde, Kali und Natron angehören, die die chemische Analyse ergeben hat, das sind alles Fragen, die noch weitere Untersuchungen zu lösen haben.

2. *Howardit.* Zu dieser Art gehören nur wenige Meteoriten, von den in dem mineralogischen Museum befindlichen der H. von Loutolax, von Byalistock, Mässing, Nobleborough, Maine und Mallygaum.

Sie sind alle sehr zerreiblich, feinkörnig und nur stellenweise etwas grobkörniger. Das feinkörnige Gemenge ist grünlichweiss; wo es etwas grobkörniger wird, erschei-

nen in der weissen Masse gelblich grüne Körner, die zuweilen vorherrschen und dann die Farbe des Ganzen dunkler erscheinen lassen. Das Ganze scheint ein Gemenge von Olivin mit Anorthit zu seyn. Chromeisenerz ist nur in sehr geringer Menge eingemengt und Nickeleisen und Magnetkies in noch geringerer. Charakteristisch ist ihre äussere schwarze Rinde, die sich durch ihren starken Glanz von der der Chondrite unterscheidet. Berzelius hat den H. von Loutolax nur unvollständig untersucht. 93,5 Theile wurden von Chlorwasserstoffsäure zersetzt, die die Zusammensetzung des Olivins hatten; indessen sind sie doch nicht für ein einfaches Mineral zu halten, da der Augenschein lehrt, dass sie zusammengesetzt sind. Der Rest enthielt ausser Kieselsäure: Thonerde, Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalk und Magnesia, und etwa 1 Proc. Chromeisenerz. Die geringe Menge Nickeleisen hat Berzelius übersehen und für Magneteisenerz gehalten.

3. *Chassignit*. Zu dieser Art gehört nur ein einziger Meteorit, nämlich der, welcher zu Chassigny bei Langres im Dep. der haute Marne Oct. 1815 gefallen ist. Es ist ein feinkörniger eisenreicher Olivin von nur geringem Zusammenhalt mit sparsam eingesprengtem Chromeisenerz. Der Olivin ist grünlichgelb, nur an den Kanten durchscheinend, etwas fettglänzend, von der Härte des Feldspaths und einem specifischen Gewichte 3,55. Vor dem Löthrohr schmilzt er nur schwer zu einer schwarzen Schlacke. Die schwarze Rinde ist matt. Dass die Hauptmasse die chemische Zusammensetzung des Olivins hat, geht schon aus der ältern Analyse von Vauquelin hervor, die neuere von Damour bestätigt es; nach ihr enthält dieser Olivin auf 2 Atome Magnesia 1 Atom Eisenoxydul wie der Olivin (Hyalosiderit) vom Kaiserstuhl. Der Chassignit stellt also dasselbe Gemenge dar, welches jetzt Hochstetter in Neu-Seeland als Gebirgsart anstehend angetroffen hat, was aber mir beim Druck meiner Abhandlung noch nicht bekannt war. Hochstetter hat die Gebirgsart Dunit genannt.

4. *Chladnit*. Von dieser Art kennt man ebenfalls nur

einen Meteoriten, nämlich den, der in Bishopville in Süd-Carolina, 1843 gefallen ist.

Der Chladnit ist ein ebenfalls sehr brüchliges Gemenge von einem schneeweissen Mineral, das nach der Untersuchung von Shepard, der den Stein zuerst beschrieb, ein unter den tellurischen Mineralien noch nicht bekanntes Trisilicat der Magnesia mit einem andern schneeweissen, nach der Untersuchung Thonerde haltigem Minerale, das noch näher zu untersuchen ist. Dem Trisilicat hatte Shepard den Namen Chladnit gegeben, den ich vorgeschlagen habe, auf diese Meteoritenart zu übertragen, und das Trisilicat Shepardit zu nennen, da es mir würdiger schien nach Chladni dem verdienstvollen Forscher der Meteoriten eine Meteoritenart als ein Mineral zu benennen, wengleich dieß Mineral bis jetzt nur unter den Meteoriten vorgekommen ist. Ueber die Form des Shepardits, obgleich er in Körnern von einem halben Zoll, nach Shepard sogar von einem ganzen Zoll vorkommt, läßt sich nichts ausmachen; er ist spaltbar nach einer Richtung, hat die Härte des Feldspaths, und ein specifisches Gewicht 3,04 bis 3,12. Vor dem Löthrohre schmilzt er zu einem weissen Email, in Chlorwasserstoffsäure ist er fast unlöslich. Auch die Form des schneeweissen Thonerde haltigen Minerals läßt sich nicht bestimmen. Nickелеisen, ein anderes schwarzes Mineral, das nach Shepard Schwefelchrom ist, sowie auch Magnetkies kommen in kleinen Körnern hier und da eingemengt vor.

Die Rinde ist verschieden von der Rinde aller übrigen Meteoriten, ein weisses stellenweise schwarz gefärbtes Email.

5. *Shalkit*. Diese Art enthält auch nur einen Meteoriten, und zwar den, welcher im Nov. 1850 zu Shalka in Bankoorä in Ostindien, nach welchem Fundort der Namen der Art gemacht, gefallen ist.

Der Shalkit ist ein klein- bis feinkörniges Gemenge von mehr oder weniger dunkelgrünem Olivin mit weissem Shepardit, also von zwei Silicaten, die gleiche Basen in verschiedenen Sättigungsstufen enthalten. Chromeisenerz

in kleinen Körnern, die doch zuweilen die Gröfse von kleinen Erbsen erreichen, zuweilen auch in vollkommen ausgebildeten Octaëdern ist ausserdem noch in geringer Menge in dem Gemenge enthalten. Die Rinde ist dünn, schwarzbraun und matt, und Körner von Chromeisenerz ragen daraus hervor.

Gepulvert und mit Chlorwasserstoffsäure wird der Olivin zersetzt, und der Shepardit bleibt mit dem Chromeisenerz unzersetzt zurück.

v. Hauer hat den Shalkit nach Aussonderung des Chromeisenerzes als Ganzes analysirt. Hiernach verhalten sich die Sauerstoffmengen der Basen (Magnesia und Eisenoxydul) zur Kieselsäure, wie 1:2,42. Nimmt man dies Verhältnifs wie 1:2,33 an, so würde der Shalkit aus einem Atom Olivin und 2 Atomen Shepardit bestehen.

6. *Die kohligen Meteoriten.* Das mineral. Museum enthält 4 Meteoriten dieser Art, die M. von Alais, Cold Bokkeld, Kaba und Orgueil, mit denen ich keine weiteren Untersuchungen angestellt habe.

7. *Eukrit.* Dahin gehören die Meteorite von Juvenas Stannern, Jonzac und Petersburg in den Ver. St. Es sind die, welche ich schon vor längerer Zeit untersucht habe, und die aus einem gewöhnlich feinkörnigen Gemenge von schneeweißem Anorthit und braunem Augit bestehen. In dem Eukrit von Juvenas kommen kleine Drusenräume vor, in welchen die Gemengtheile krystallisirt vorkommen, und ihrer Form nach erkannt werden können. In den andern Eukriten sind sie nicht vorgekommen. Ausser den wesentlichen Gemengtheilen findet man noch: Nickeleisen, in den meisten doch in so geringer Menge und in so feinen Körnern, dafs man es auf der Bruchfläche des Gesteins nicht sehen, und nur auf der geschliffenen und polirten Fläche durch seinen Metallglanz erkennen kann, in etwas gröfserer Menge nur in dem von Petersburg; ferner Magnetkies in einzelnen gröfsern Körnern, doch nur sparsam, in den Drusenräumen des E. von Juvenas auch in kleinen, aber sehr ausgebildeten Krystallen, so dafs hier durch die

Form ausgemächt werden konnte, daß das in den E. vorkommende Schwefeleisen Magnetkies und nicht Einfach-Schwefeleisen ist. In dem E. von Petersburg finden sich noch einzelne Körner von Olivin und in dem von Juvenas kleine einzelne gelbe Blättchen, die aus einem Eisen enthaltenden Silicat bestehen, dessen Beschaffenheit aber noch nicht weiter erkannt ist. Letztere finden sich auch in der Masse eingewachsen, aber gewöhnlich nur in der Umgebung der Drusenräume.

Der Eukrit ist ausgezeichnet durch eine schwarze glänzende Rinde, deren adriges Ansehen recht deutlich zeigt, daß sie geflossen ist.

Der Eukrit von Juvenas und Stannern ist von Rammelsberg und der von Petersburg von Smith in chemischer Hinsicht untersucht. Die Analysen haben sämtlich sehr ähnliche Resultate gegeben. Smith hat nur eine Gesamtanalyse gegeben, Rammelsberg hat die zersetzbaren von den nicht zersetzbaren Gemengtheilen getrennt. Der Anorthit hat die bekannte bestimmte Zusammensetzung, der Augit ist sehr eisenreich, in dem E. von Juvenas enthält er auch auf 3,6 Kalk und 6,3 Magnesia, 19,5 Eisenoxydul und ähnliche Mengen enthält auch der von Stannern. Beide enthalten ferner eine fast genau gleiche Menge von Anorthit und Augit, und diese stehen merkwürdiger Weise auch in einem sehr einfachen Atomverhältniß, denn bei beiden kommt auf 2 Atome Augit 1 Atom Anorthit. Es findet hier also etwas Aehnliches statt, wie bei dem Shalkit, der auch die Gemengtheile Shepardit und Olivin in einfachen Verhältnissen, und zwar in dem von 2:1 enthält. Die Analyse hat bei dem Eukrite von Juvenas noch ein halbes Procent Chromoxyd gegeben, daher derselbe auch noch etwas Chromeisenerz enthält.

In der oben genannten Abhandlung ist nun noch eine Aufzählung aller in den Meteoriten vorkommenden Mineralien angegeben und eine Vergleichung der Gemenge, welche sie bilden, mit den tellurischen Gebirgsarten angestellt.

Von bestimmten Mineralien kommen in den Meteoriten, abgesehen von den kohligen Meteoriten, die nicht untersucht sind, folgende 12 vor: 1) Meteoreisen. 2) Tănit. 3) Schreibersit. 4) Rhabdit. 5) Graphit. 6) Troilit. 7) Magnetkies. 8) Chromeisenerz. 9) Quarz. 10) Olivin. 11) Shepardit. 12) Augit.

Zu den beobachteten aber noch nicht bestimmten Mineralien gehören 1) die Kugeln von fasriger Structur in dem Chondrite, 2) die schwarze Substanz, die in dem Chondrite nach den Beobachtungen unter dem Mikroskop enthalten ist, 3) die gelben tafelförmigen Krystalle in dem Eukrit von Juvenas, 4) die weißen Körner, welche neben dem Shepardit vorkommen, 5) das nach Shepard Schwefel und Chrom haltige Mineral in dem Chladnit usw. Auch das weiße in dem Howardit vorkommende und für Anorthit genommene Mineral ist noch nicht mit Sicherheit ausgemacht.

Mineralien die in den Meteoriten angegeben werden, aber von mir nicht beobachtet sind, wiewohl sie doch häufig in den tellurischen Gebirgsarten vorkommen, sind Magneteisenerz, Eisenkies, Labrador, Leucit, Schwefel usw. Diefs ist besonders für das Magneteisenerz auffallend, da dasselbe doch in den tellurischen Gebirgsarten so verbreitet ist; es ist in den Meteoriten vollständig durch das Chromeisenerz ersetzt. Aber nicht nur das Magneteisenerz, sondern sogar alles Eisenoxyd als Bestandtheil der kosmischen Mineralien scheint in den Meteoriten ganz zu fehlen.

Die Gemenge, die die kosmischen Mineralien bilden, sind größtentheils von den tellurischen Gebirgsarten verschieden. Ich habe als übereinstimmend mit solchen nur den Eukrit angeführt; seitdem Hochstetter den Dunit als Gebirgsart in Neu-Seeland angetroffen hat, ist zu diesen auch noch der Chassignit zu zählen. Alle in den Meteoriten vorkommenden Silicate enthalten Magnesia, und unter diesen ist das verbreitetste der Olivin, wie von den metallischen Mineralien das am häufigsten vorkommende

das Nickeleisen ist. Der Olivin kommt am häufigsten verbreitet auf der Erde in den neuern vulkanischen Gebirgsarten, namentlich dem Basalte vor, das Nickeleisen ist unter den tellurischen Producten noch garnicht vorgekommen.

II. *Geschichte des Meteoriten von Blansko, nebst Anleitung zu methodischer Aufsuchung frisch niedergefallener Meteoriten;*
von Freiherrn v. Reichenbach.

XXIV.

Es sind vor einiger Zeit an mehreren Orten atmosphärische Phänomene beobachtet worden, mit denen augenscheinlich Meteoriteinfälle verbunden waren, namentlich mehrere in Böhmen bei Budweis, in Schlesien bei Ratibor, in Oestreich bei Neunkirchen u. a. O., deren Niederfallen viele Zuschauer so nahe waren, daß es beinahe schien, sie dürften nur die Hand ausstrecken, um den Luftstein aufzuheben, und dennoch wurde nichts erlangt. Augenscheinlich fehlte es nur an Jemand, der eine geordnete Nachsuchung leitete. Es möchte daher nicht unzeitig seyn, über die Art und Weise, wie im Niederfallen beobachtete Meteorite zu suchen sind, einiges zu sagen, und dazu dürfte der *Meteorit von Blansko* als Beispiel vielleicht sich einigermassen eignen. Ohnehin bin ich über diesen dem wissenschaftlichen Publikum noch immer Rechenschaft schuldig geblieben, die ich hier ablegen möchte:

Ich verlebte zwei Jahrzehnte zu Blansko in Mähren auf den Gütern meines verstorbenen Freundes, des Altgrafen Franz Hugo zu Salm, eines Förderers und Kenners der Naturwissenschaften, und war mit ihm associirt auf Einrichtung und Betrieb von ausgedehnten Eisenwerken

und andern Fabriken, die ich nach und nach dort erbaut. Zwar gehört dies wenig hieher; doch zur Vollständigkeit der Erzählung mag es mir vergönnt seyn, noch hinzuzufügen, daß ich am 25. November 1833 von einem geognostischen Ausfluge in die westlichen Gegenden Mährens zurückkommend in Kunstadt, 4 Meilen von Blansko, übernachtete. Es war an einem finstern, kalten, nebligen Abende, als der Gastwirth zu mir ins Zimmer kam und seine Verwunderung darüber bezeugte, daß es vor kurzem geblitzt und auch schwach gedonnert habe und zwar in der Richtung von Blansko her. Ich hatte bei Kerzenlicht gelesen und gesprochen und nichts gehört noch gesehen, wollte auch der Angabe keinen Glauben schenken.

Als ich einige Tage später nach Hause kam, blätterte ich zufällig in einem Briefe von einer Freundin in Brünn an meine Frau, worin mir folgende Stelle auffiel: — »Gestern (25. November) hat sich hier in Brünn etwas sehr seltsames ereignet, das Niemand begreifen kann. Gegen 7 Uhr bei dunkler Nacht ward es plötzlich in der ganzen Stadt so helle, wie am lichten Vollmonde. Ich ging gerade ins Theater und fand da alles in Aufruhr. Die drinnen drängten heraus und glaubten es sey Feuer außen, und die außen waren, meinten es brenne im Schauspielhause, drückten und stießen sich vor und rückwärts. Die Leute glaubten im Schrecken überall, des Nachbarn Haus stehe in Flammen. Aber kaum verging eine Minute, als auch alles verschwunden und die Nacht wieder so finster war als zuvor. Was war nun das, fragt sich Jedermann, und kein Mensch weiß Auskunft zu geben über dies sonderbare Begebnis.« — Brünn ist $2\frac{1}{2}$ Meile von Blansko.

Meine Frau erzählte mir nun, daß sonderbarer Weise zur selben Zeit ein ähnliches Licht auch in Blansko gesehen worden sey, und zwar so außerordentlich hell, daß es wie Tageslicht die Kerzenflammen in den Zimmern habe blasser gemacht. Es sey dem ein Getöse in der Luft gefolgt, das aber nicht wie Donner gelautes und durch seine Sonderbarkeit Schrecken unter den Leuten verbreitet habe.

Der Bergamtsbuchhalter, vernahm ich, soll das Begebnis näher beobachtet haben. Ich liefs ihn rufen, und hörte von ihm, daß der Laut wie einzelne starke Flintenschüsse getönt habe, dann ein Gerassel gefolgt sey, wie wenn mit beladenen Wagen schnell über Straßenpflaster gefahren würde. Es sey die Palawa herabgekommen, ein felsiges Seitenthal von Blansko, dem Punkwathal parallel, von Südost nach Nordwest gerichtet.

Nun hatte ich genug erfahren, um dem Gedanken Raum zu geben, daß diesen Erscheinungen ein Meteoritenfall zu Grunde liegen könnte. Bis jetzt hatte ich nur von Helle am Himmel gehört, einen concreten leuchtenden Gegenstand hatte noch Niemand wahrgenommen. Ende November, bei kalter nebliger Finsternis, war fast jedermann zu Hause und Niemand hatte den Horizont überschaut. Es bedurfte einiger Tage Zeit, bis ich ausgekundschaftet hatte, daß ein Chirurg des Orts auf den Höhen zwischen Sonetarz und Jedowniz, $1\frac{1}{2}$ Meilen von Blansko gefahren, und in seinem offenen Wagen das Licht gesehen haben soll. Herbeigeholt erzählte er mir, daß während er in der Dunkelheit dahinfuhr, plötzlich der Himmel und die ganze Gegend helllicht geworden sey. In wenigen Augenblicken habe sein Wagen, seine Pferde, alle Umgebung wie vergoldet ausgesehen. Als er aufgeschaut, habe er am östlichen Himmel einen brennenden Stern zu sehen geglaubt, der nach West fortgeflogen und im Fluge sich rasch so vergrößert habe, daß er bald einem weifsglühenden Bierfäschen gleichkam. Er sey aus der Hanna (östliche Landschaft) hergekommen, über Poidom, sofort über seinem Scheitel weg, unter fortwährender Vergrößerung und weifserem Lichte, Funken sprühend, über Kordowiz westwärts fortgeeilt und müsse in der Richtung gegen Blansko niedergestürzt seyn. Kaum sey er erloschen, als drei heftige Donnerschläge nach einander ihn erschreckt, die in ein allgemeines langes Rollen am Himmel übergegangen seyen.

Der Schichtmeister zu Klepaczow, Hr. Brand, erzählte

mir, daß das Punkwathal, in welchem er wohnte, völlig tageshell geworden und die Leuchte seiner Kerze dagegen erblaßt sey. Das Licht sey um vieles weißer gewesen als das des Blitzes und habe mehrere Sekunden andauert. Einen festen Punkt, von welchem das Licht ausgegangen, habe er nicht gesehen. — Das Punkwathal ist eine Schlucht zwischen steilen Felsen, von einem Waldbache in Syenit eingerissen, und gewährt einen nur sehr eingeschränkten Horizont.

Jetzt war ich bis zu einer Feuerkugel und zu einer Explosion vorwärts gelangt, und meine Neugierde, was vorgegangen seyn möge, wurde gespannt. Es war nun zweifellos, daß ich es hier mit einem Aërolithensturze zu thun hatte. Um mich mehr und mehr in dieser Ueberzeugung zu befestigen, liefs ich nun überall bekannt machen, daß ich Jedem dankpflichtig seyn werde, der mir nähere Nachrichten über das Ereigniß ertheilen könnte. Ich hörte nun mehrere Augenzeugen. Ein Bauer zu Brtjow, westwärts, war auf seinem Dache mit einer Ausbesserung beschäftigt, daß er eben verlassen wollte, als er von der Feuererscheinung am Himmel überrascht wurde. Das heftige Licht brachte ihn noch nicht aus der Fassung; er behielt Geistesgegenwart genug, an sein Herabsteigen zu denken. Als aber die Donner erdrönten, sey er so erschrocken, daß er vom Dache seiner Hütte mehr heruntergestürzt als herabgestiegen sey. Die Schläge meinte er, hätten nicht gelautes wie von einem Blitze herrührend, sondern wie wenn der Himmel zerbrochen und einstürzen wollte.

Ein Beobachter von Olomutschan, südlich, hatte die Feuerkugel deutlich erst in zwei, dann noch einmal in zwei, dann weiter rasch in eine Menge gröfsere und kleinere leuchtende Stücke zerspringen gesehen. Andere Augenzeugen aus verschiedenen Dörfern wiederholten mir Aehnliches, unter diesen der Bürgermeister von Blansko, der das Ereigniß am klarsten beobachtet hatte. Er befand sich, bei dunkler Nacht, zu Fufse auf dem Wege von Raiz nach Blansko, in südlicher Richtung fortschrei-

tend. Er ging soeben bei dem Dörfchen Rajeczko, noch eine halbe Stunde von Blansko entfernt, als sich, sagte mir der fromme Mann, das Firmament aufgethan, ein Feuer groß wie zwei Häuser daraus hervorgedrungen, und es ihm im Augenblicke der heftigen Ueberraschung vorkam, daß Gottvater selbst, in einer weißleuchtenden Wolke, umgeben von Engeln und himmlischen Heerschaaren, im Strahlenglanze des blendendsten Feuers am nächtlichen Himmel erschiene. Er sey beugend auf die Knie zur Erde niedergesunken, habe seine Hände emporgehoben und inbrünstig gebetet, in der Meinung, sein und der Welt Ende stehe unmittelbar bevor. Die ganze Gegend bis auf die Berge hinauf sey tageshell erleuchtet gewesen und auf ihren waldigen Gipfeln habe er jeden Baum unterscheiden können. Nach wenigen Sekunden habe das Feuer hunderte feuriger Sterne von prachtvollen brillantirenden Farben ausgeworfen, welche sich immer wieder weiter getheilt, und so einen nach allen Seiten bogenförmig herabfallenden Regen von brennenden und leuchtenden Sternen gebildet haben. Dann aber sey schnell alles erloschen und die Nacht noch schwärzer als sie zuvor gewesen, wieder eingetreten. Nach kurzer Pause haben dann drei schwere Donnerschläge durch die Höhen des Himmels getobt und diesen sey dann ein Geknatter gefolgt, als ob man hunderte von Flinten, wie Kleingewehrfeuer, losgeschossen hätte, und dieß sey mit Brausen, Sausen und Pfeifen verbunden gewesen, als ob jetzt die schlimmen Geister nach Abzug der guten ihr böses Spiel in den Lüften trieben. Lange habe der Donner in den Höhen fortgetönt und rollend von den Felsen des Gebirges das Thal entlang wiedergehallt. Es habe ihm zuletzt geschehen, als ob die bösen Geister in die schwarzen waldigen Schluchten jenseits unter Chotta sammt und sonders hineingefahren wären. Der Mann kam noch ganz aufser sich, als er mir die Begebenheit, die er zur Stunde noch für eine Gotterscheinung hielt, mit allen Umständen schilderte; man sieht aber aus seiner Erzählung, daß er, ungeachtet seiner Aufregung, ziemlich genau beobachtete

und die Thatsachen in seiner Art mit völliger Wahrheit aufgefasset hatte. Der weitere Verlauf wird diess zeigen.

Mittlerweile hatte ich von allen Seiten Nachrichten eingezogen, und Augenzeugen aufgebracht. Viele von den Landleuten der die Scene umgebenden vier Quadratmeilen, nicht bigott aber religiös, waren so ergriffen von dem ihnen unerhörten Anblicke, daß sie sich wie der Bürgermeister in Gebet zur Erde beugten. Etwas entferntere Beobachter sahen übereinstimmend, daß sich die Feuerkugel gegen Ende ihrer Erscheinung in drei kleinere Kugeln zertheilt hatte, die im Herabfallen ihnen entschwanden. Manche hatten besonders im Anfange, als der leuchtende Körper seiner Entfernung wegen noch klein erschien, einen feurigen Streif bemerkt, den das Meteor hinter sich zurtückliefs. Zahlreiche kleinere Lichtpunkte, in welche sich die Feuerkugel auflöste, wurden nur in der Nähe gesehen, in einiger Ferne schon nicht mehr beobachtet. Viele nannten das Licht zuckend, schnell bald größer bald kleiner. Es waren Nebelnassen in der Luft, die schnell nacheinander bald erleuchtet, bald wieder verfinstert erschienen, und so bei Einigen die Täuschung erzeugen mußten, das Feuer sey so groß wie ganz Blansko. Schon tauchte der Gedanke in Einem der Köpfe auf, das sündige Blansko werde wie Sodom und Gomorra vom Zorne des Himmels mit Schwefelsäure überschüttet und sey dem Untergange verfallen. Solche Täuschungen mußten daraus entstehen, daß grell erleuchtete Haufwolken für wirkliches Feuer angesehen wurden; und diess wird um so wahrscheinlicher, wenn man die Aussagen etwas entfernterer Zeugen damit vergleicht, nach denen das Licht des Meteors so grell weiß und von solcher Intensität war, daß man die Augen abzuwenden genöthigt gewesen sey. Manches hiervon mag auf Rechnung der Ueberraschung und der Nacht zu schreiben seyn, doch ist soviel verbürgte Thatsache, daß Pferde auf der Straßse sich bäumten; daß Fuhrleute in der Angst unter ihre Wagen sich verkrochen; daß ein Bauerknecht vor Schreck vom Pferde fiel, daß ein Mann unverzüglich

krank wurde; daß in den Dorfschaften die Leute aus den Häusern stürzten, weil sie Feuersbrunst ausgebrochen glaubten; daß man in vielen Orten Feuersturmglöcken zu läuten anfang; daß die Bauern ihr Vieh aus den Ställen zu treiben begonnen, um es zu retten, u. dgl. m.

Aus alle dem wußte ich jetzt weiter, daß ich mit keinem Eisenmeteoriten zu thun hatte, sondern daß das Ereigniß ein Steinregen gewesen seyn mußte. Nun entstand die schwere Frage, wo fiel er nieder? wo sollte ich nach ihm suchen? — Ich urtheilte nun so: Allzuweit konnte dieß von mir nicht entfernt seyn; die Stärke des Lichtes, Tageshelle, die Heftigkeit der Explosion, Donnerschläge, die Größe des Feuers, zwei Häusern gleich, die Wahrnehmung der Theilung desselben in viele Sternchen, das Hören des Sausens — das Alles konnte in solcher Deutlichkeit nur dann wahrgenommen werden, wenn es in geringer Entfernung vor sich gegangen war. Ich konnte also mit einiger Zuverlässigkeit schließen, daß die Wahlstatt des Ereignisses von meinem Wohnorte Blansko nicht eben sehr weit entfernt seyn mochte. Zwar schien es, in Betracht der moosigen steilen Waldungen, die uns umgaben, ein hoffnungsloses Beginnen, den Fallort finden zu wollen und hinter mir lachten die klugen Leute darüber; indessen voll Eifer für das wissenschaftliche Interesse, daß der Gegenstand bot, wollte ich wenigstens versuchen, wie weit es mir gelingen möchte, die Spur des Ereignisses, für welches der Zufall mich gewissermaßen pflichtig gemacht hatte, zu verfolgen und ihm nahe zu kommen. Wenn ich so glücklich wäre, die Richtung genau auszumitteln, so hoffte ich, daß es mir doch möglichen Falls gelingen könnte, das Ziel, den Schauplatz des Niedersturzes der Steine, ausfindig zu machen. Vor allem handelte es sich nun darum, die Linie methodisch so genau als möglich zu erforschen, welche das Meteor am Himmel eingehalten hatte. Sollte es mir glücken, diese auf der Karte verzeichnen zu können, so kam es nur noch darauf an, den Endpunkt derselben zu finden.

Zu dem Ende schickte ich nun Bergbeamte von den Eisenwerken zu Blansko, deren Theilhaber ich war, nach vier Richtungen aus, nach Nord, Ost, Süd und West. So viel Anhalt hatte ich bereits, daß die Feuerkugel in ihrem Zuge beiläufig von Ost nach West nicht allzufern von Blansko vorübergegangen war. Darnach beauftragte ich jeden meiner Sendlinge, von Blansko aus in gerader Richtung so lange und so weit fortzugehen, bis die Bauersleute ihm sagen würden, sie haben den feurigen Drachen, wie sie es nannten, von ihrem Standpunkte aus in der Richtung nach Blansko hin vorbeifahren gesehen, und daß sie dann den Höhenwinkel mit dem Horizonte ausmitteln sollten. Es vergingen wenige Stunden, als die Botschaften schon von allen Seiten einliefen. Der nach Nord gegangene Kundschafter war nur eine Stunde weit bis Raiz gelangt, als er schon von Jedermann hörte, daß das Feuer südwärts gegen Blansko hin gesehen worden sey und zwar von dort aus unter einem Winkel von 30 bis 36 Grad gegen den Horizont. Der Südbote war nach Olomutschan gegangen und brachte von dort die entgegengesetzte Nachricht, daß nämlich das Phänomen nordwärts, auch gegen Blansko hin gesehen worden, und zwar von diesem hochgelegenen Orte aus unter einem Winkel von 20 bis 25 Graden. Ueberall hatte man es, von beiden Seiten her betrachtet, seinen Flug unmittelbar über Blansko nehmen, und im Westen des Ortes in die Gebirge und Waldungen hineinfallen gesehen.

Nun kam der Ostbote. Er war durch das Punkwathal aufwärts über Baschamk bis nach Jedowniz gegangen. Auf dem ganzen Wege hatten die einzelnen Beobachter nichts anderes als eine Feuerkugel unmittelbar über ihren Häuptern von Ost herkommend, Blansko zu fliegen gesehen, weder nach einer noch nach der andern Seite von Himmelsmitte abweichend. Er war also gerade in der Bahnlinie fortgegangen, und in umgekehrter Richtung. — Der Westbote war drei Stunden weit über die felsigen Sienitberge durch Waldungen bis nach Brtjow gegangen. Er

bra
Le
un
nich
nac
Bl
sch
von
der
ost
bev
sich
wes
dem
übe

ver
Spe
nes
Feu
Erd
Bew

Rau
mul
lieg
zu :

Saw
es d
eign
mit
Süd
Bürg
ner
etwa
wen

brachte mir die überraschende Nachricht zurück, daß die Leute dort den feurigen Drachen zu Hunin, zu Lomniz und zu Czernowiz in einer entgegengesetzten Richtung, nicht mehr von Ost nach West, sondern ihrer Meinung nach von West nach Ost, in entgegengesetzter Richtung, Blansko zuwärts fliegen wollten, gesehen haben. Diese Täuschung ist leicht erklärlich. Wenn die Lusterscheinung von oben nach unten sich stürzte, so mußte es im Westen derselben den Anschein gewinnen, als ob sie am Himmel ostwärts fortgegangen wäre. Diefß mußte mir offenbar beweisen, daß diese Orte schon westwärts hinter der Scene sich befunden haben mußten, und somit Brtjow bereits westlich jenseits des Steinniederfalles lag. Ich hatte also den Endpunkt der Fluglinie desselben erreicht, ja bereits überschritten.

Nach diesen und andern übereinstimmenden Angaben verzeichnete ich nun die Richtung des Meteors auf einer Specialkarte der Gegend. Es ergab sich für die Linie seines Fluges Ost-Süd-Ost nach West-Nord-West. Der Feuer- und Steinklumpen hatte also, mit Rücksicht auf die Erdumdrehung, bei seinem Sturz zur Erde nördliche eigene Bewegung gehabt.

Den Schauplatz des Steinfalles hatte ich nun in den Raum von beiläufig einer Kreismeile eingeschlossen. Er mußte zwischen Blansko und Brtjow nahezu in der Mitte liegen, ich gedachte diesen Kreis stufenweise immer enger zu ziehen.

In der Mitte dieser Gegend lag die kleine Ansiedlung Sawiest, rings von Wald umschlossen. Inzwischen war es der 6. December geworden, also 11 Tage seit dem Ereigniß verfloßen. Ich schickte nun einen Beamten aus mit der Weisung, diesen Kreis diametral von Nord nach Süd zu durchziehen, und beauftragte ihn, zu Sawiest zum Bürgermeister zu gehen und ihn zu befragen, ob er in seiner Umgegend nichts von Steinen, die an jenem Abende etwa vom Himmel gefallen seyn könnten, gehört habe, und wenn nicht, die Gemeinde zusammenrufen zu lassen, die

Leute zu belehren und über den Verlauf der Feuerkugel vom 25 November zu befragen.

Schon in Czernahova hatte er erfahren, daß man dort die Feuerkugel gegen Sawiest gesehen hatte. Der Bürgermeister dort wußte nichts; das Meteor hatte er leuchten sehen, es aber für einen Blitz gehalten und weiter nicht sich darum gekümmert. Ein fremder Fuhrmann, der die Straße dahergezogen, hatte zur Zeit des Vorfalls sich beklagt, es müßten böse Buben im Walde seyn; sie hätten heftig mit Steinen nach ihm und seinen Pferden geschleudert, ihn aber nicht getroffen. Das war sein Glück, er wäre erschlagen worden. Der Mann befand sich offenbar mitten im Meteorsteinregen, konnte aber in der Nacht nicht erkennen, daß die Steine nicht von bösen Buben, sondern vom guten Himmel herkamen. Der Bürgermeister ging nun mit dem Beamten zu einigen der Dorfbewohner, um Erkundigungen einzuziehen. Einige der Bauersleute hatten bald nach den Donnerschlägen ein Geheul in der Luft gehört, daß sie bald mit fernen Glockentönen, bald mit Pfeifen verglichen. Einer davon, der sich am besten auszudrücken wußte und am südlichen Ende des Dorfes wohnte, deutete auf den Waldrand jenseits des Nordendes. Dort bald nachdem die Kanonenschläge verhallt waren, habe er wie vom Himmel herab ein Sausen und Pfeifen vernommen, am ähnlichsten dem, welches eine lange Weidengerte (eine dünne Ruthe) gebe, wenn man sie heftig durch die Luft haue. Offenbar war dieß das Sausen kleiner schnell durch die Luft fahrender scharfer Steine. — Ein Anderer, der Letzte am Nordrande des Ortes, Josef Komarek und sein Nachbar Hasson, erzählten: sie seyen, als die lichte Helle ausbrach, aus ihren Wohnungen gesprungen, jeder in der Angst, es brenne des Nachbars Haus. Und als sie erschrocken noch darüber gesprochen, habe es ihnen geschienen, es schleudere Jemand heftig Steine nach ihnen; Hasson bemerkte noch, ihm sey fast vorgekommen, als ob die Steine von oben herabstürzten. Bestürzt seyen sie in ihre Wohnungen geflohen, um nicht erschlagen zu wer-

den. Komarek fügte hinzu, daß er die Nacht über nicht mehr aus seiner Wohnung herausgekommen, früh Morgens aber mit der Laterne umhergesucht habe, um zu sehen, was eigentlich sich am Abende zugetragen, habe aber nichts gefunden; doch sey ihm ein kleines Steinchen aufgefallen, das in den Boden eingespießt gesteckt habe, dergleichen er noch keins gesehen. Wenn sein Weib es noch nicht weggeworfen habe, welche behauptete, dasselbe, innen grau und außen schwarz verbrennt, sey vom Teufel und es im Hause nicht dulden wollte, so sey es vielleicht noch vorfindlich. — Diesen Stein brachte man mir; sogleich erkannte ich ihn als Meteorstein und der Fund war glücklich gemacht. Meine Freude war nicht klein.

Der Stein war nur vier Loth schwer. Seine eine Aushälfte war schwarz, ins Braune ziehend, mit Brandrinde überzogen, die andere Hälfte hatte frischen, reinen Bruch, war dunkelgrau, körnig, mit einzelnen Kügelchen besetzt, zeigte gelb glänzende Schwefeleisenkörnchen und fühlte sich von Gediogeneisen hackrig an. Es ging daraus die bemerkenswerthe Beobachtung hervor, daß der Stein von dieser einen Seite so spät in der Luft noch zersprungen, daß er im Augenblicke des Bruches bereits das Feuer verlassen hatte und außerhalb der Wirksamkeit desselben sich befand. Er lenkte die Magnetnadel ab, gab Feuer am Stahle und hatte nach meiner Wägung ein spezifisches Gewicht von 3,65.

Voll froher Erwartung, nun recht viele und interessante Meteorsteine zu finden, liefs ich in der Nacht noch Leute aufbieten und ging den andern Morgen frühe mit 25 Mann über die Berge nach Sawiest, nahm zwei Förster und drei Beamte mit und fing sehr genaue Nachsuchungen durch die ganze Umgegend des Dorfes an. Zuerst zeigte ich den Meteoriten genau vor und suchte Belehrung zu ertheilen. Dann stellte ich meine Leute in eine gerade Linie, je einen Mann drei Schritte vom andern entfernt, den Hasson und Komarek unter sie, mich selbst setzte ich an den Flügel und führte den schweigenden, suchenden Zug in langsamem

Schritte über Felder, Wiesen und durch den Wald. Wir suchten mit gespannter Emsigkeit und zuversichtlichen Erwartungen; aber zu meiner großen Enttäuschung, den ganzen Tag ohne Erfolg. Schon war es Abend, die Leute kamen zusammen um Feierabend zu machen, — als wollte mich das Glück necken, fand im letzten Augenblicke Einer einen Meteoriten; und kaum hatte er mir ihn eingehändigt erblickte ich selbst einen Zweiten im Moose ruhend. Ich untersuchte die Lagerstätte. Der Stein war in das Moos rein und satt eingebettet, konnte also auf dem Boden keine hüpfenden Sprünge mehr gemacht haben und mußte nahezu vertical herabgestürzt, auf der Stelle liegen geblieben seyn. Moos und Gras in der kleinen Grube waren grün, unverseht und nicht von Hitze versengt. Wir waren also nunmehr dreier der neuen Himmels Gäste habhaft geworden.

Den folgenden Tag nahm ich 46 Mann mit mir, durchsuchte das Gelände nach allen Richtungen, aber leider den ganzen Tag vollkommen vergeblich, wir fanden nichts. Ich liefs mich jedoch nicht entmuthigen, vielmehr verstärkte ich meine Thätigkeit. Ich ging am dritten Tage mit 67 Mann ins Feld, stellte je zwischen 5 Mann einen Beamten oder Aufseher, und erbeutete, höher im Walde, gen Chotta und Blansko hin, Einen Stein, den schönsten, der gefunden wurde und den ich nachher ins kaiserliche Hofmineralien Cabinet zu Wien der dortigen Meteoritensammlung geschenkt habe. Er wog ungefähr fünf Loth, war ganz überindet und ohne irgend eine Beschädigung.

Am vierten Tage ging ich mit 74 Mann aus, und suchte von frühmorgens bis in die Nacht abermals vergeblich. Am fünften Tage stellte ich 86 Mann in die Reihe und machte einen Zug von Chotta die Berge hinauf nach Sawiest und einen zweiten von Sawiest nach Brtjow. Auf den Höhen zwischen beiden erstern fanden wir zwei sehr kleine, aber lehrreiche Steinchen, den einen von $1\frac{1}{2}$ Loth, den andern von 1 Loth Gewicht.

Unbefriedigt und ungeduldig über den dürftigen Erfolg meiner vielen Arbeit wollte ich dem Glücke ein besseres

Loos mit Gewalt abringen und zog am sechsten Tage mit 120 Mann in die Wälder. Aber das Glück läßt sich nicht gewältigen und ich mühte mich mit meiner Heerschaar den ganzen Tag wieder vergeblich ab, wir fanden nichts. Am siebenten Tage suchte ich mit 82 Mann und fand ein winziges Steinchen von nur 1 Quentchen, nahe bei Chotta, am östlichen Gehänge des Sienitgebirgzuges gegen Blansko hin. Am achten Tage brach ich noch einmal mit 120 Mann auf; als aber der Mittag kam, fiel der erste Schnee über uns her, bedeckte das Land und machte unseren Anstrengungen ein Ende. Er schmolz auch nicht wieder und ich mußte meine Bemühungen aufgeben.

Es sind auf diese Weise an 600 Arbeitstage nebst dem Zeitverlust der Beamten aufgewendet worden, und die Frucht davon war nicht mehr, als sieben Steinchen, die alle zusammen nur erst ungefähr ein halbes Pfund wogen. Ich setzte dann noch eine kleine Prämie aus, und versprach Jedem, der mir einen Stein bringen würde, einen Dukaten. Damit gelang es mir jedoch nur noch Einen Stein von $4\frac{1}{2}$ Loth zu erhalten, den ein Bauer später ausgeackert hatte. Mit Allem hatte ich also an zwanzig Loth Stein erlangt, von einem Meteor, das sicherlich hundert, vielleicht einige hundert Pfund Material ausgestreut hatte. Wenn man die Schwierigkeit des Bodens erwägt, die mir entgegenstand, so ist es nicht zu bewundern, daß ich so geringe Ausbeute davon trug; im Gegentheil ist es vielmehr zu bewundern, daß ich überhaupt irgend etwas davon trug. Der Schauplatz ist hohes und steiles Sienitgebirge, das ich in einer gleichzeitig erschienenen Schrift: »Geognostische Mittheilung aus Mähren« geschildert habe. Es ist von unzähligen vielfach zergabelten Schluchten zerschnitten. Hohe Tannen und tiefes Moos bedecken den verwitterten weichen Boden; im Dunkel der damaligen Waldungen (die jetzt freilich gelichtet sind) schossen überall Büsche von Farnwedeln auf, *senecio saracenicus* und *fuchsii* erhoben sich aus dicken Blätter- und Nadellagen des Erdbodens. Was zwischen sie hineinfiel, war verloren. Dabei war

alles duftig und nafs, und alles vereinte sich, das Suchen schwierig zu machen. Mein Fund war klein und grofs, je nachdem man ihn ansah, — gering, wenn man ihn nach Pfundgewicht mifst; — bedeutend gleichwohl, wenn man ihn der Hoffnungslosigkeit gegenüberstellt, mit der ich diese Nachforschung begonnen hatte; genügend, wenn die wesentlichen Fragen über die Natur des Meteors beantwortet werden sollten. Wir haben nur wenige Meteoriten aufzuweisen, wovon acht Stücke aufgefunden worden wären. In *Stannern*, *l'Aigle*, *Atakama*, *Macao* haben wir zwar hunderte bekommen, allein aufser diesen wenigen hat man meist nur einen Einzigen (*Wesely*, *Apt*, *Mässing*, *Sales*, *Sigena*, *Mauerkirchen*, *Lucé*, *Eichstädt*, *Ensisheim*, *Charlottte*), nicht oft zwei (*Clarac*, *Milena*, *Alais*, *Liponas*, *Agram*, *Hauptmannsdorf*), drei (*Charsonville*, *Lissa*) Luftsteine gefunden, gröfsere Massen freilich, allein der wissenschaftliche Werth knüpft sich hier nicht an die räumliche Ausdehnung, sondern an die Mannigfaltigkeit der Beschaffenheitsmerkmale. In dieser Hinsicht gehört der *Blanskoer Stein* regen auf keine Weise zu den unbedeutenden. Denn ungeachtet der wenigen erlangten Materie, war sie, über acht verschiedene Repräsentanten vertheilt, reich an Inhalt und Umfang. Keiner von den Steinen allen glich dem andern völlig; jeder wies neben der Gattungsgleichheit einen ihm eigenthümlichen Artunterschied auf. *Der Eine* von ihnen zeigte sich gänzlich überrindet und bildete einen sogenannten ganzen Stein, wie wir sie von *Benares*, *l'Aigle*, *Stannern*, *Siena* haben. *Der Andere* zeigte Rinden von verschiedenem Alter, so dafs man deutlich an der Beschaffenheit derselben die sich nacheinander folgenden Bruchseiten beobachten kann; ich konnte elf ungleichzeitige Bruchflächen unterscheiden. An demselben Steine kam eine gefleckte hellere und dunkle Zeichnung, wie bei *Western*, *Gütersloh* u. a. zum Vorschein und gab ihm auf dem Bruche marmoriges Ansehen. An *Mehreren* sah man graue nicht überrindete Luftbrüche, die wir an keinem andern Meteoriten bisjetzt nachgewiesen haben. *Ein Dritter* zeigte auf der schwarz

übrerrindeten Aufsensfläche einzelne entblößte nicht berindete metallisch blanke bleigraue Stellen von ein bis zwei Linien Durchmesser, wie sie noch nirgends vorkamen, vielleicht Eisenkörner; ich habe mich noch nicht entschliessen können, dieß Unicum der Zerstörung der Chemie preis zu geben, werde mich aber doch am Ende überwinden müssen. *Ein Vierter* zeigte schwarze Linien in Menge, fast alle parallel. *Ein Fünfter* enthielt grofse Eisenkörner, bis zu Linsengröße. *Ein Sechster* und andere enthielten gerundete Kugeln eingelagert. *Ein Siebenter* besafs auf dem Bruche einen schönen smalteblauen Einfluß. *Ein Achter* zeigte eine Urrindenseite. Mehrere wiesen die räthselhaften streifigen, metallisch-glänzenden, öfters rufsigcn Ablösungen nach, wie bei *Ensisheim*, *l'Aigle*, *Tipperari*, *Limerik* u. v. a. Jedes von diesen kleinen Steinchen trug irgend ein eigenthümliches Merkmal zur Schau, wie man sie sonst nur bei zerstreuten Localitäten einzeln vorfindet. Der Blanskoer Meteorit erhielt dadurch eine Charakteristik, die man nicht leicht anderswo von solchem Umfang vereint antrifft. In zweien von den Exemplaren gewahrte ich verhältnißmäfsig grofse Eisenkörner, eingesprengt in das übrige fein und gleichförmig vertheilte Eisennetz. Fünf solche Körner zeigten sich. Eins davon, linsengrofs, grub ich heraus, schliff und polirte es. Da kam neben dem Eisen Schwefeleisen zum Vorschein. Ich ätzte die polirte Fläche mit verdünnter Salpetersäure an, und sah nun mit Verwunderung eine Art Widmannstätten'scher Figuren wie bei *Bohumilz* zum Vorschein kommen, feine Gefügelinien im Eisen heraustreten (Kamacit), eine weisse Eisenlegirung fortglänzen (Lamprit) und das Schwefeleisen sich in zweierlei Arten theilen, wovon die Eine von der Säure angegriffen, matt und dunkel wurde (Magnetkies), die andere unangegriffen und blank polirt blieb, mit Einem Worte: mitten in einem Steinmeteoriten ein vollständig charakterisirtes Stückchen Eisenmeteorit auftreten. So machte ich hier zum ersten Male die Beobachtung, dafs das Eisen in den Steinmeteoriten denselben Bildungsgesetzen unterliegt, wie

in der Pallasgruppe, und wie am Ende wohl in allen Eisenmeteoriten. Das kleine interessante und lehrreiche Körperchen liefs ich, damit es nicht verloren gehe, in einen Goldring fassen und in die Sammlung legen.

Alle diese Steine waren, als sie gefunden wurden, auf den schwarzen Rinden rufsig und färbten die Finger schwarz. An zweien, die in meiner Nähe gefunden worden, roch ich. Man hat von mehreren Meteoritenfällen die Angabe (*Sigena*, *Limerik*), dafs sie bei der Auffindung nach Schwefel oder nach Schwefelpulver gerochen haben. Ich konnte diefs an *Blansko* nicht finden. Die Steine rochen allerdings, aber nach meinem Organ weder nach dem einen noch nach dem andern. Es war ein brenzlicher Geruch, aber eigenthümlicher Art und ich wufste ihn mit nichts Bekanntem zu vergleichen.

Dem allgemeinen Aussehen nach hat der Meteorit von *Blansko* viele Aehnlichkeit mit denen von *Tabor* und von *Heredia*. Die Rinde, die Bruchflächen, die Farbe, die Eisenmenge, die Art der Eisenvertheilung, die Armuth an Schwefeleisen, die wenigen darin zerstreuten harten runden Kügelchen, alles ist so ähnlich, dafs Niemand diese drei Meteoriten nach Handstücken würde von einander unterscheiden können. Man findet auch in meiner Classification¹⁾ der Meteoriten erstere drei Localitäten immer beisammen stehend.

Als ich die Steine beisammen hatte, suchte ich zu erforschen, ob und wie weit sie zusammengehören, ob der eine oder der andere mit den Bruchflächen aneinander passen könnten. Die acht Stücke hatten, soviel ich zählte, 131 Bruchflächen. Aber nicht eine einzige pafste an die andere auch nur einigermaßen. Es folgt daraus, dafs zum mindesten beläufig noch 131 Stücke vorhanden gewesen seyn mußten, welche an die meinigen sich anschlossen. Da man aber bei weitem nicht annehmen kann, dafs alle noch vorhandenen Steine sich an die meinigen angeschlossen haben werden, ja zuverlässig weit mehr als doppelt so viel

1) Diese Ann. Bd. 107, S. 171.

ihnen nicht angegränzt haben mögen, so müssen zum wenigsten noch weitere 262 vorhanden gewesen seyn. Die Rechnung gilt also schon bei 400 Meteorsteinen, welche zwischen Sawiest, Lhotta und Blansko niedergefallen seyn müssen. Aber da ich Steinchen aufgefunden habe, die einzelne Lothe, ja einen der gar nur ein einziges Quentchen wog, so kann man nicht umhin, zu glauben, daß eine weit größere Zahl von Steinen über die Gegend niederfiel. Darin findet alsdann die Angabe des Bürgermeisters, daß mehr als tausend brennende Sternchen bogenförmig aus dem Himmelsfeuer hervorgekommen und in die Wälder hineingefallen seyen, ihre wortgetreue Bestätigung.

Die Analyse habe ich nicht selbst versucht, sondern um etwas weit besseres zu erlangen, Berzelius gebeten, sich ihrer anzunehmen. Mit welcher Wärme er sich diesem Geschäfte gewidmet, welche vortreffliche Arbeit daraus hervorgegangen, wie er sie noch weiter über die Meteoriten von Lontalax, Alais, Seres, Chantonay, Elbogen ausgedehnt und wie er damit ein Musterbild von umsichtiger und sorgfältiger Analyse aufgestellt hat, wissen Alle, die mit der chemischen Literatur vertraut sind. Es war des großen Naturforschers letzte Arbeit.

Die näheren Bestandtheile des Meteoriten von Blansko stellt Berzelius so dar:¹⁾

1) Nickeleisen, welches Kobalt, Zinn, Kupfer, Schwefel und Phosphor enthält	17,15
2) Silicat von Talkerde und Eisenoxydul, worin Base und Kieselerde gleich viel Sauerstoff enthalten	42,67
3) Silicat von Talkerde und Eisenoxydul, gemengt mit Silicaten von Alkali, Kalk, und Thonerde, worin die Kieselerde doppelt so viel Sauerstoff als die Basen enthält . . .	39,43
4) Chromeisen, mit etwas Zinnstein	0,75
	<hr/> 100.

1) Berzelius 15. Jahresbericht S. 227. — Diese Ann. Bd. 33, S. 32 und S. 113.

Die *entfernteren* Bestandtheile giebt er von den *jedemaligen näheren* Bestandtheilen an; ich berechnete sie *hier* nach auf den Stein im Ganzen und erhielt folgende Ziffern:

Eisen	16,089
Eisenoxydul	14,945
Nickel	0,866
Nickeloxyd	0,207
Kobalt	0,060
Zinn und Kupfer	0,079
Schwefel	0,056
Chrom Eisen	0,616
Kieselerde	37,077
Thonerde	2,386
Talkerde	23,898
Manganoxydul	0,489
Natron	0,740
Kali	0,187
Kalkerde	1,248
	<hr/> 99,243.

Dafs diese Analyse nur von dem Steine gelten kann, den ich Berzelius nach Stockholm schickte, bei den andern oben, deren jeder sichtlich in abweichenden Verhältnissen der näheren Bestandtheilen gemengt ist, nicht genau zutreffen kann, darf nicht unbemerkt bleiben.

Als ich mit der Arbeit fertig war, packte ich meine acht Edelsteine zusammen und ging damit nach Wien. Ich erachtete es für meine Pflicht, zuerst dem kaiserlichen Hof-Mineralien-Cabinet schuldigen Tribut abzutragen, und brachte sie alle den Herren Vorständen von Schreibers und Partsch mit dem Anerbieten den schönsten davon sich auszulesen. Das thaten sie dann auch und ich geniefsse das Vergnügen den grössten, ganz überrindeten von meinen Steinen an der ausgezeichneten kaiserlichen Meteoritensammlung Theil nehmen zu sehen. Partsch ging mich nachher noch um einen kleinen an, den ich ihm ebenfalls

einhandigte.¹⁾ — Ein Exemplar zeigte ich bei der Stuttgarter Naturforscher-Versammlung vor und schenkte es dem dortigen königlichen Museum. — Eins erhielt Berzelius, wovon ein Theil zu der glänzenden Analyse verwendet wurde, welcher der Blanskoer Meteorit seine Berühmtheit verdankt; ein anderer Theil wird noch jetzt bei der Akademie zu Stockholm sich befinden. — Eins habe ich dem Berliner Universitäts-Museum gewidmet, und ein kleineres Hrn. Shepard zu New Haven übersandt. Der Rest liegt noch bei mir und wartet auf geeignete Verwendung.

Um über die große Ausdehnung des Landes einige Kenntniss zu erlangen, über welche *das Licht des Meteors* sich verbreitet hatte, ließ ich gleich anfangs einen Aufruf in der Brünner Zeitung drucken, in welchem ich bat, mir Mittheilung über die Entfernungen zukommen zu lassen, bis zu welcher man die leuchtende Erscheinung am Himmel gesehen hatte. Ich habe schon angegeben, dass man sie gleichzeitig in Brünn, Poidom, Raiz und Kunstadt sah, die wohl 5 Meilen auseinander liegen. Allein das ist ein ganz unbedeutender Theil von dem Raume, über dem das Meteor leuchtete. Bei der großen Lichtstärke, die es an diesen Orten zeigte, mußte man es wohl viel weiter wahrnehmen. In der That erhielt ich auch eine Menge Zuschriften, aus denen hervorging, dass man dasselbe gleichzeitig in Nikolsburg, beiläufig 8 Meilen von Blansko, beinahe noch ebenso stark leuchtend gesehen hatte, als in Brünn. Aehnliches schrieben mir Freunde und Bekannte aus Ollmütz, Prosnitz, Neutitschein, ja in Troppau, Habelschwerdt, Teschen, Schönhof und Oppeln in Schlesien, in Landskron und Chrudim in Böhmen, in Zwittau in Mähren; sogar nach den Berichten des Grafen Mailath zu Wieselburg in Ungarn südöstlich von Wien, hatte man den leuchtenden Kör-

1) Als Erwiderung finde ich in Partsch Schrift »die Meteoriten etc.« die schiefe Angabe, das Cabinet habe den Blanskoer Meteoriten von mir in Tausch erworben. Nicht vertauscht, sondern geschenkt habe ich die Steine. Es liegt eine Unbill in solcher Angabe, der ich mich erwehren muß.

per am Himmel dahinziehen und die Umgegend mehr und minder davon erhellt gesehen. An allen diesen Orten ist man auf den Vorgang am Himmel nur deswegen aufmerksam geworden, weil die Lichtstärke desselben sich sehr auffallend gemacht hat; man muß also annehmen, daß mit niederer Intensität desselben das Meteor wenigstens noch um die Hälfte weiter sichtbar, aber wenig beachtet wurde. Nimmt man also die anderthalbfache Entfernung von Blansko bis Oppeln zum Halbmesser, zieht einen Kreis mit ihm um den Mittelpunkt Blansko, so schließt man damit eine Fläche ein auf deren Umkreis Eger, Passau, Grätz, Pest, Krakau, Glogau, Görlitz und Pirna liegen, und deren Durchmesser so groß ist, als die Entfernung von Stuttgart nach Berlin, oder als eine Seite des gleichseitigen Dreiecks Wien, Stuttgart, Berlin. Diefes ist aber so viel als beiläufig die Hälfte von Deutschland.

Doch muß noch bemerkt werden, daß zwar die stärkste Wirkung des Lichtes nach Blansko fällt, gleichwohl der Mittelpunkt der gesammten Lichterscheinung nicht auf dieser Stelle liegt. Weit in Osten, in Krakau und wohl noch weiter zurück, fing das Meteor an, sichtbar zu werden. Dort, vielleicht im ungarisch-slavisches Gebirge der Karpathen war es, wo es in die Atmosphäre eintrat, und bald als ein großer hellleuchtender weißer Stern zuerst beobachtet wurde. Indem es herabstürzte und scheinbar nach West fortrückte, vergrößerte es sich schnell und ward immer leuchtender, bis es bei Blansko Tageshelle verbreitete und dann plötzlich erlosch. Hier war es am leuchtendsten aber auch am niedrigsten. Ueber Blansko hinaus nach Westen hin hat die Leuchte verhältnißmäßig weniger weit gereicht und wird über die böhmische Gränze sich nicht weit forterstreckt haben. Daher reichten auch von der Westseite die Berichte lange nicht so weit, als die zahlreich eingetroffenen von Osten.

Wenn über einen so weiten Raum das Licht eines Meteors wie das von Blansko leuchtet, so möchte ich damit doch noch schließlichs die Lichtstärke eines gewöhnlichen

Feuers vergleichen, wie wir es selbst erzeugen. Dazu ist bei mir sehr günstige Gelegenheit. Ich wohne seit 39 Jahren auf einer Anhöhe eine halbe Meile von Wien, zu Schloß Reisenberg. Von meinen Fenstern aus übersehe ich die Landschaft bis zu den kleinen Karpathen und dem Rosaliengebirge in Ungarn einerseits, und anderseits bis zu den Steirischen Alpen. Diefs beträgt im Durchmesser über vier Breitengrade, also 60 deutsche Meilen. Da kommt es nun bei den vielen Ortschaften, Wien mit eingeschlossen, die man übersieht, fast täglich vor, daß irgend eine Feuersbrunst sich ereignet. Einzelne Häuser und ganze Ortschaften sieht man Nachts von meinen Zimmern aus so oft abbrennen, daß man an den traurigen Anblick ganz gewöhnt ist. Ist nun eine solche Feuersbrunst auch nur drei Meilen weit entfernt, so sieht man bei Nacht wohl Feuer und Flammen unmittelbar, aber von den erleuchteten Gegenständen nur sehr wenig, höchstens einen weißen Kirchthurm, einen langen Getreidespeicher oder eine erhellte Rauchwolke. Beträgt der Abstand aber 6, 8 bis 10 Meilen, so verschwindet alle Beleuchtung; es ist nichts mehr wahrzunehmen als ein Punkt wie eine kleine glühende Kohle. Geht aber die Entfernung 15 bis 20 Meilen so wird von einem in Flammen stehenden Dorfe wenig mehr erblickt, als ein schwacher Lichtpunkt, was nach den Gesetzen der Perspective auch anders nicht seyn kann. Und nun muß man fragen, wenn ein ganzes brennendes Dorf mit allen seinen Strohscheuern und Schindeldächern schon bei 6 bis 8 Meilen Entfernung so schwaches Licht ausgiebt, daß man keine Erhellung anderer Gegenstände mehr sieht und auf 15 Meilen ein so großes Feuer kaum mehr wahrzunehmen ist, was muß das für ein Feuer, was muß das für eine Leuchte seyn, die von der kleinen Masse eines Meteoriten ausgesendet, über einen Raum Licht wirft, welcher der Hälfte von Deutschland gleichkommt? Welche Intensität muß dieses von einem so kleinen Punkte ausgehende Licht gehabt haben, das in Blansko und in dem benachbarten Thale von Klepaczow, in welchem die Eisen-

werke liegen, solche Helle in die Zimmer warf, dafs die darin brennenden Kerzenlichter erblasen wie am Tageslichte?

Man sieht, dafs das Meteor so spurlos vorüber gegangen wäre, wie hundert andere, wenn es nicht zufällig auf einen Freund der Naturwissenschaften gestofsen wäre, der Lust und Gelegenheit besafs, seine Spur mit Ausdauer zu verfolgen. Diese Spur war anfangs winzig klein; sie bestand aus einer flüchtigen Bemerkung, die eine Brünner Frau einem Briefe an die meinige nach Blansko anhangsweise beifügte. Es war ein grofser Zufall, dafs ich über die Zeilen eines unbedeutenden Briefes mit dem Blicke hinirrte. Also nicht einmal von Blansko, sondern von Brünn her mußte ich den Ausgangspunkt dieser Begebenheit erhalten. Es ist bald großgewachsen und hat sein Ziel erreicht. Möchte er dazu dienen, dafs in ähnlichen Fällen, die so häufig vorkommen, Andere dieselbe Methode der Erforschung niedergegangener Meteore einschlagen. Wir würden dann schnell viel mehr Meteoriten erlangen, als bisher. Man denke ja nicht, dafs es gleichgültig sey, einiger Meteoriten mehr oder weniger habhaft zu werden; fast jeder zeigt eine neue Beschaffenheit der Gesamterscheinung und trägt dazu bei, diese nach ihrer tiefen Bedeutung im Weltall gründlich kennen zu lernen. Ein Meteorit lehrt wenig und führt öfters zu Irrthum; alle Meteoriten lehren viel und bringen Licht über sehr wichtige Dinge; sie geleiten uns zurück zum Anfange alles Seyns und zeigen uns der Schöpfung urälteste Gebilde.

III. Ueber die Töne, welche beim Ausströmen des Wassers entstehen; von C. Sondhaufs.

(Schluss von S. 33.)

Die Analogie in den Vibrationerscheinungen der tropfbaren und der elastischen Flüssigkeiten erstreckt sich auch auf das Ausfließen derselben aus Oeffnungen in dicker Wand oder, wie F. Savart sagt, aus kurzen Ansatzröhren, indem er den Ausflussskanal in einer einige Millimeter dicken an eine lange und weite Glasröhre gekitteten Metallplatte als eine besondere Röhre bezeichnet. Wenn der Wasserstrahl durch eine solche cylindrische Oeffnung in dicker Wand oder eine sogenannte Ansatzröhre, deren Länge im Verhältniß zum Durchmesser eine gewisse Gränze überschreitet, ausströmt, so entstehen die oben beschriebenen Töne nicht, wenn man auch in geeigneter Entfernung scharfe Kanten oder durchbohrte Platten entgegenhält und die Ausflusgeschwindigkeit zweckmäfsig regulirt. Es zeigt der austretende Wasserstrahl demnach ganz dasselbe negative Verhalten, welches ich früher bei der Beobachtung der ausströmenden Luft nachgewiesen habe. Es ist hierbei zu bemerken, dafs wenn in einzelnen Fällen unter den angegebenen Verhältnissen dennoch Töne entstehen, dieselben einen andern Ursprung als die in dem Vorangehenden betrachteten Töne haben, namentlich von den Vibrationen der obern vom Strahle getroffenen Platte herrühren. Als ich z. B. mit einer cylindrischen Ausflusröhre von 3,1 Millimeter Durchmesser und 21 Millimeter Länge Versuche anstellte und eine Platte, welche eine dem Querschnitte der Röhre congruente Oeffnung enthielt, in verschiedener Entfernung unter Wasser einstellte, so hörte ich zu meiner Ueberraschung einen deutlichen Ton, bemerkte aber bald, dafs derselbe von den Vibrationen der Platte abhing und sofort verstummte, wenn die Platte festgehalten wurde. Bei den früher mit Luft angestellten ähnlichen Beobachtungen habe

ich solche von dem Erzitern der obern Platte herrührende Töne nicht bemerkt, was nicht auffallen kann, da das Bewegungsmoment der Luftströme viel kleiner war, und die Platten damals an einem viel kürzeren Stiele befestigt waren.

Läfst man Wasser durch Oeffnungen in dicker Wand ausströmen, deren Durchmesser zur Dicke der Wand ein zweckmäßiges Verhältniß hat, so erhält man, wie schon F. Savart ausführlich nachgewiesen hat, eine Menge von Tönen, die in Beziehung auf Stärke, Höhe und Charakter verschieden sind. Savart stellte seine Versuche in der Weise an, daß er Glasröhren von einer Länge bis zu 266 Centimetern und von 3 bis 16,5 Centimetern Durchmesser, an deren unteres Ende mit cylindrischen Oeffnungen versehene Platten gekittet waren, mit Wasser füllte und, während das Wasser ausfloß, die entstehenden Töne und die Wasserhöhe beobachtete. Aus seinen sorgfältigen und zahlreichen Versuchen ergab sich das Gesetz, daß innerhalb gewisser Gränzen der Genauigkeit die Schwingungszahlen der Töne im geraden Verhältnisse zur Quadratwurzel aus der Druckhöhe und im umgekehrten Verhältnisse zum Durchmesser der Ausflußöffnung stehen. In Beziehung auf die Dicke der Wand der Ausflußöffnung oder die Höhe der Ansatzröhre fand Savart, daß im Falle der Gleichheit von Durchmesser und Höhe die Töne ihre größte Stärke zu erreichen scheinen, daß die Höhe sehr klein, aber nicht mehr als doppelt so groß als der Durchmesser seyn dürfe, und daß die Anzahl der Schwingungen in dem Maasse zunimmt, als die Ansatzröhre kürzer wird. Um den Einfluß der Röhrenbehälter zu studiren, stellte er auch Versuche mit Röhren von verschiedener Weite und mit Röhren, die in dem Boden von weiteren Gefäßen eingesetzt waren, an, und wurde namentlich durch die letzteren zu der Ansicht veranlaßt, »daß die Anzahl der Schwingungen an der Mündung nicht allein von dem abhängt, was an der Mündung selbst vorgeht, sondern auch, wenigstens zum Theil, von den Bewegungen der Flüssigkeiten in der Röhre«.

Diefs sind die wichtigsten Resultate, welche der be-

rühmte französische Akustiker bei seiner letzten, leider durch den Tod unterbrochnen Untersuchung noch für die Wissenschaft gewonnen hat. Ob die Aufgabe, welche er sich gestellt hatte, nunmehr sobald vollständig gelöst werden wird, steht dahin. Durch eine ziemlich bedeutende Anzahl von Versuchen, die ich mit meinem Apparate auch über die Ausfluserscheinungen aus Oeffnungen in dicker Wand angestellt habe, bin ich meinerseits bemüht gewesen, wenigstens einen kleinen Beitrag zur Lösung der schwierigen Aufgabe zu liefern.

Als ich auf meinem gröfser Ausflusapparate Metallplatten von verschiedener Dicke, welche mit cylindrischen und konischen Oeffnungen versehen waren, befestigte und durch dieselben Wasser strömen liefs, so zeigte sich bald, dafs die Beschaffenheit des Ausfluskanals nicht allein für die Entstehung dieser Töne maafsgebend ist; denn mit welcher Geschwindigkeit auch der Strom sich in die Luft oder in das in dem oheren Reservoir angesammelte Wasser ergofs, es entstand in der Regel kein Ton. Wurden dagegen dieselben Platten auf Röhren von zweckmäfsigen Dimensionen gekittet und auf diese Weise eben solche Pfeifen construiert, wie ich früher bei meinen Versuchen über das Ausströmen der Luft angewendet habe, so entstanden Töne in hinreichender Mannigfaltigkeit, wenn ich diese Pfeifen auf dem Ausflusapparate befestigte und einen Strom durch dieselben trieb. Diese pfeifenähnlichen Apparate werden meistens sowohl durch einen Luftstrom als auch durch einen Wasserstrom zum Ansprechen gebracht; doch tritt auch der Fall häufig ein, dafs sie nur mit Luft angeblasen tönen, und in einzelnen Fällen, namentlich bei Anwendung von kleinen Ausflusöffnungen in dünnen Platten, erhält man mit Wasser noch gute Töne, während die Anwendung des Luftstroms ohne Ersatz ist. Die durch den Wasserstrom erzeugten Töne sind im Allgemeinen tiefer und weniger klangvoll als diejenigen, welche dieselben Apparate geben, wenn sie mit Luft angeblasen werden. Eine andere beachtenswerthe Verschiedenheit dieser durch Luft und

Wasser erzeugten Töne bemerkt man, wenn man auf die Aufeinanderfolge derselben bei zunehmender Ausflugs- geschwindigkeit achtet. Die bei verstärktem Luftdrucke entstehenden Töne sind nämlich gewöhnlich zwei oder drei, manchmal auch noch mehrere auf einander folgende harmonische Töne, welche der Eintheilung der in dem Rohre der Pfeife enthaltenen Luftsäule entsprechen, und welche meistens scharf von einander getrennt sind; die durch den allmählich beschleunigten Wasserstrom erzeugte Tonfolge scheint dagegen keinen solchen einfachen und klaren Zusammenhang mit den Schwingungen der in dem Rohre enthaltenen Wassersäule nachzuweisen, indem die bei wachsendem Wasserdrucke auftretenden Töne selten um bestimmte Intervalle aufwärts springen, sondern meist nur successive höher werden und hauptsächlich durch Aenderung der Intensivität und des Charakters mannigfaltig erscheinen. Es ist möglich, daß bei einem bedeutend größeren Wasserdrucke, als ich mit meinem Apparat anwenden konnte, auch die harmonischen Töne der Wassersäule noch mehr hervortreten werden; doch scheint sich mir hier die bedeutendste Verschiedenheit in dem sonst ähnlichen Verhalten der tropfbaren und luftförmigen Flüssigkeiten bei der Tonbildung darzubieten, und es kann dadurch vielleicht in Zukunft ein Anhalt für die Ermittlung der eigenthümlichen Schwingungsweise der tropfbaren Flüssigkeiten gewonnen werden.

In Beziehung auf die Construction von solchen röhrenförmigen Pfeifen dürften noch die folgenden Bemerkungen am Orte seyn. Die Platten, welche den kurzen Ausfluskanal enthalten, brauchen nicht nothwendig aus Metall gefertigt seyn. Ich habe bei meinen Versuchen auch Platten aus Kork und Guttapercha mit gutem Erfolge angewendet, und bemerke noch, daß die elastischen Scheiben aus Guttapercha bei gewissen Ausflugs- geschwindigkeiten selbst in Oscillation gerathen, wodurch ein starker Ton von eigenthümlichem Charakter entsteht. Um solche Oscillationen zu vermeiden, habe ich in der Regel dicke Blei-

platten angewendet. Die in denselben ausgeschnittene Ausflußöffnung war meistens kreisförmig; doch erhielt ich auch durch den Wasserstrom wie früher durch Luftströme mit Apparaten gute Töne, bei welchen die Ausflußöffnung die Gestalt eines Quadrats, Rechtecks und eines gleichseitigen Dreiecks hatte. Wenn der Ausflußkanal in der Platte cylindrisch oder prismatisch ist, so erhält man dieselben Töne, in welcher Richtung man auch den Strom durch denselben treibt. Ich konnte daher Röhren, die mit solchen Platten versehen waren, aufrecht oder verkehrt, d. h. so, daß die Platte sich oben oder unten befand, in den Ausflußapparat einsetzen, und erhielt im Allgemeinen dieselben Töne. Auch solche Oeffnungen, welche sich konisch erweitern, sind zur Erzeugung von Tönen geeignet, wenn der Strom sich in der Richtung bewegt, in welcher der Kanal sich erweitert; läßt man jedoch den Strom in der entgegengesetzten Richtung durch den Apparat fließen so entsteht kein Ton. Die Regel gilt ebensowohl für das Ausströmen des Wassers als der Luft; doch ist zu bemerken, daß die konische Erweiterung des Ausflußkanals bei Anwendung eines Wasserstroms nicht sehr bedeutend seyn darf, während sie für den Luftstrom bis zu einem gewissen Grade sogar vortheilhaft ist.

Die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Versuche sollen über die Dimensionen solcher durch einen Wasserstrom tönenden Röhren-Apparate und über die mit ihnen erhaltenen Töne nähere Auskunft geben. In der zweiten und dritten Columnne ist die Gestalt und Größe der Ausflußöffnungen, in der vierten die Dicke der Platten angegeben, welche bei den Versuchsreihen auf die in der fünften und sechsten Columnne bezeichneten Röhren durch einen guten Kitt befestigt waren. Diese Apparate wurden durch die in dem cylindrischen Ausflußgefäße über der Tonne vorhandenen Oeffnung in das im Innern enthaltene Wasser eingetaucht und mittelst besonderer an ihrem oberen Ende angebrachten Blechfassungen wasserdicht befestigt. Die aufgekittete Platte mit der Ausflußöffnung war in der

Regel nach oben gekehrt und ragte in Folge der Befestigung der Röhre über den Boden des Reservoirs hervor, war aber während der Versuche mit einer Wasserschicht von mehreren Centimetern Höhe bedeckt. Wurde der Quetschhahn geöffnet, so strömte das Wasser durch die Röhre und die Ausflußöffnung und erzeugte bei dem in der siebenten Columne durch die Höhe der Wassersäule angegebenen Drucke die in der achten beigesetzten Töne. In Beziehung auf einzelne Versuchsreihen ist noch Folgendes zu bemerken. Bei No. 4, 5 und 6 war der Ausflußkanal konisch nach oben erweitert, weshalb in der dritten Columne zwei Durchmesser angegeben sind. Die in derselben Columne bei No. 11 angegebenen zwei Zahlen bestimmen die Seiten der rechteckigen Oeffnung. In No. 13 war die den Ausflußkanal enthaltende Platte von Kork, in No. 14 und 15 von Guttapercha. Die Versuche No. 17 bis 20 wurden mit einer Ausflußöffnung angestellt, die bei der Durchbohrung einer Zinnplatte dadurch entstanden war, daß sich das zähe Metall zu einer cylindrischen Röhre von 2,4 Millimetern Höhe aufdrückte. Der vorstehende Rand wurde bei No. 18 bis 20 durch vorsichtiges Abfeilen allmählich weggenommen, so daß dadurch der kürzere Ausflußkanal erlangt wurde.

Tabelle IV.

Versuche mit Ausflußöffnungen in dicker Wand und angesetzten Röhren.

No.	Gestalt der Ausflußöffnung	Durchmesser der Ausflußöffnung Millimeter	Dicke der Platte Millimeter	Länge der Röhre Centimeter	Durchmesser der Röhre Centimeter	Wasserdruck Centimeter	Beobachtete Töne	Bemerkungen über die Töne
1	Kreis	1	1	13,2	0,8	54—65	a ³ u. a ⁴	laut
2	Kreis	1,4	1	19	1,2	21,7	cis ³	deutlich
						23,7	d ³	laut
						26,4	es ³ u. es ⁴	klangvoll
						33,9	es ³ u. es ⁴	
						40,7	es ³ u. es ⁴	
						43,4	e ³	
						48,6—51,5	f ³	
3	Kreis	1,8	1,5	19,7	1,4	59,7	g ³	heiser
						48,8	c ⁴	laut
						57	cis ⁴	
						61	cis ⁴	
4	Kreis	{ 2,6 2,5	2	12,4	1,1	12,4	h ¹	schwach
						13,6	h ¹	laut
						27,1	fis ²	deutlich
						35,3	g ²	

Fortsetzung.

No.	Gestalt der Ausfluß- öffnung	Durchmesser der Ausfluß- öffnung Millimeter	Dicke der Platte Millimeter	Länge der Röhre Centimeter	Durchmesser der Röhre Centimeter	Wasser- druck Centimeter	Beobachtete Töne	Bemerkungen über die Töne
5	Kreis	{ 2,6 2,5	2	16	1,8	38	g^2	laut
						46	b^2	
						48,8	h^2	deutlich laut
						54,3	c^2	
						60	cis^2	
6	Kreis	{ 4,1 3,3	2,2	16	1,8	13	a^0	deutlich
						16,3—27,1	a^0	
						29,8	a^0	
						33,9	b^0	
						35,3—46	c^1	
						8,6	g^0 u. g^1	deutlich schwach sehr schwach kein Ton intermittierend deutlich
						9,9	gis^1	
						11,5	gis^1	
						13,1	a^1	
						13,6—17,6	—	
						17,6	cis^2	
						18,3	cis^1 u. cis^2	

7	Kreis	3,9	2,6	16	1,8	21,7 24,4 30,2 40,7 48,8—65 16,3 19 21,7 27,1 32,6 13,6—16,3 19,7 27,1 43,4 9,5 10,2 11,3 14 15,1 17	d^2 d^+ g^1 g^1 g^+ a^1 b^1 b^1 h^1 c^2 b^1 h^1 c^3 u. e^2 g^2 g^+ gis^1 a^1 a^+ b^1 b^1 u. cis^2	schwach sehr schwach stark sehr stark schwach deutlich laut laut schwach und heiser deutlich schwach laut stark
8	Kreis	5,1	2,2	17,4	1,8	13,6—16,3 19,7 27,1 43,4 9,5 10,2 11,3 14 15,1 17	c^3 u. e^2 g^2 g^+ gis^1 a^1 a^+ b^1 b^1 u. cis^2	schwach und heiser deutlich schwach laut stark
9	Kreis	5,1	2,2	52	1,9	13,6—16,3 19,7 27,1 43,4 9,5 10,2 11,3 14 15,1 17	c^3 u. e^2 g^2 g^+ gis^1 a^1 a^+ b^1 b^1 u. cis^2	schwach und heiser deutlich schwach laut stark
10	Quadrat	3	2	19,7	1,4	13,6—16,3 19,7 27,1 43,4 9,5 10,2 11,3 14 15,1 17	c^3 u. e^2 g^2 g^+ gis^1 a^1 a^+ b^1 b^1 u. cis^2	laut und klangvoll schwach

Fortsetzung-

No.	Gestalt der Ausfluß- öffnung	Durchmesser der Ausfluß- öffnung Millimeter	Dicke der Platte Millimeter	Länge der Röhre Centimeter	Durchmesser der Röhre Centimeter	Wasser- druck Centimeter	Beobachtete Töne	Bemerkungen über die Töne	
11	Rechteck	{ 4,6 1,6	1,8	28,5	1,7	17,6—19	c ²	laut	
						21,7	c ²	schwach	
						40,7—51,5	gis ²	heiser, aber deutlich	
						9,5	b ¹	schwach	
						10,8	b ¹	deutlich	
12	Dreieck gleichseitig	3	1,1	16,4	1,1	14	h ¹	schwach und heiser laut, rauh	
						16,3	h ¹		
						19	c ²		
						23	d ²		
						51,5—57	b ¹		
						65	h ¹	deutlich	
						27,1	g ⁺		
						31,9	a ¹		laut
						38	a ¹		klangvoll
						48,8	b ¹		deutlich
	h ¹								

13	Kreis	3	2,2	19,7	1,4	16,3 19 21,7 32,6 35,3 38 40,7 51,5—65 9,5—10,8 14 17,6 19 21,7 21,8—38 38—65 34,1 4,8—5,4 6,8	d ² d ¹ d ¹ es ² u. es ³ f ² fis ² g ² a ² h ¹ es ² e ² e ² e ² — b ¹ c ¹ d ¹ es ¹	schwach laut und klangvoll laut und klangvoll schwach und heiser deutlich deutlich laut und klangvoll klangvoll laut schwach kein Ton laut deutlich laut deutlich
14	Kreis	2,7	1,5	19	1,2	11,3 16,3 19	f ¹ gis ² h ⁰ u. h ¹ a ⁰ , e ¹ u. h ¹	schwach h ¹ deutlich u. klang- voll a ⁰ laut, e ¹ und h ¹ schwach
15	Kreis	3,2	1,9	48	1,8	23	b ⁰	laut und klangvoll

Fortsetzung.

No.	Gestalt der Ausfluß- öffnung	Durchmesser der Ausfluß- öffnung Millimeter	Dicke der Platte Millimeter	Länge der Röhre Centimeter	Durchmesser der Röhre Centimeter	Wasser- druck Centimeter	Beobachtete Töne	Bemerkungen über die Töne
16	Kreis	3,1	5,6	48	1,8	28,5 38—60 23 24,4—29,8 30,2	cis ¹ cis ¹ b ¹ b ¹ b ¹ f ⁰ g ⁰ a ⁰ h ⁰ c ¹ d ¹ fis ¹ g ¹ gis ¹ a ¹	laut schwach deutlich schwach deutlich laut schwach deutlich schwach schwach mit dumpfem Rauschen
17	Kreis	3,2	2,4	48	1,8	3 4,1 5,6 7,5 8,1 10,8 13,6 16,3 17,9 23		

18	Kreis	3,2	2,1	48	1,8	26,4 46—65	h ⁺ b ⁰ u. c ¹	schwach laut schwach laut deutlich schwach deutlich deutlich mit dum- pfem Rauschen mit stark. Rauschen deutlich laut deutlich
						3,2 4,1 5 6,1 7,5 9 11,3 13,1 14,9 16,3 17,6—19	a ⁰ a ⁺ b ⁰ c ¹ cis ¹ d ¹ e ¹ fis ⁺ g ⁺ gis ⁺ a ¹	
19	Kreis	3,2	1,8	48	1,8	32,6 54 3,4 4,1 5,4 6,8 8,1 9,9 10,8	a ⁰ h ⁰ d ¹ d ⁺ es ¹ e ¹ fis ¹ g ⁺ a ¹	

Fortsetzung.

No.	Gestalt der Ausfluß- öffnung	Durchmesser der Ausfluß- öffnung Millimeter	Dicke der Platte Millimeter	Länge der Röhre Centimeter	Durchmesser der Röhre Centimeter	VWasser- druck Centimeter	Beobachtete Töne	Bemerkungen über die Töne
10	Kreis	3,5	1,2	4	1,2	12,9 14,9	b ¹ h ¹	laut Rauschen, klingt wie h ⁰ und c ¹
20	Kreis	3,2	1,2	48	1,8	16,3 21,7 27—54 3,6 4,1 4,8 5,4 6,8 9,5	— b ⁰ d ¹ e ¹ e ¹ f ¹ g ¹ b ¹ — d ¹ p, a ¹ fis ¹	Rauschen sehr stark schwach deutlich laut schwach deutlich kein Ton stark mit dem Drucke bis fis steigend
12	Kreis	3,5	5,1	4	1,2	9,7—16,3 16,3 10—62 62	— p, a ¹ fis ¹	stark mit dem Drucke bis fis steigend

Obgleich diese Versuche, bei welchen ich hauptsächlich die Ermittlung der für das Eintreten der Erscheinung günstigen Bedingungen beabsichtigte, nur in einem verhältnißmäßig kleinen Maafsstabe ausgeführt sind, so gestatten sie doch, auch wegen der Mannigfaltigkeit der Dimensionen der Apparate, Schlüsse auf die Abhängigkeit der Töne von der Beschaffenheit der Ausflußöffnung und von dem Drucke, unter welchem das Wasser ausfloß. Im Ganzen stimmen die meisten Beobachtungen mit den von F. Savart ermittelten Gesetzen überein. Die Abweichung mancher Beobachtungen von diesen überhaupt nur innerhalb gewisser Gränzen gültigen Gesetzen, dürfte nach meiner Ansicht theils von dem ab und zu mehr oder weniger überwiegend hervortretenden Einflusse der in den Röhren enthaltenen Wassersäule herrühren, theils Folge von gewissen störenden Umständen seyn, wozu ich namentlich das Mitzittern der dünnen Blechplatten, mit welchen die Röhren auf das Ausflußgefäß befestigt waren, und wohl auch des ganzen Apparats, ferner auch die Anwesenheit von Luftblasen im Innern der Apparate rechne, welche bei der Anwendung von lufthaltigem Wasser nicht zu vermeiden waren. Auch kleine im Wasser schwebende Körperchen, die sich unbemerkt an die Ausflußöffnungen hängen konnten, mögen gewisse Unregelmäßigkeiten in der Erscheinung veranlaßt haben. Solche Uebelstände, die sich bei der Einrichtung meines Apparates nicht immer vermeiden ließen, sind ohne Zweifel Ursache gewesen, daß in einzelnen Fällen Versuche, die mit denselben Apparaten zu verschiedener Zeit mit gleicher Sorgfalt angestellt wurden, keine übereinstimmenden Resultate lieferten.

Ueber die Entstehung der hier besprochenen Töne habe ich schließlicly noch zu bemerken, daß ich dieselben ebenso erkläre wie diejenigen, welche beim Ausfließen des Wassers in dünner Wand dadurch erzeugt werden, daß man Kanten oder Ränder von durchbohrten Platten in der früher beschriebenen Weise dem Strahle entgegenhält. Die Uebereinstimmung der auf beide Arten erhaltenen Töne in Be-

ziehung auf Höhe und Charakter, die gleiche Abhängigkeit derselben von der Ausflusgeschwindigkeit und von der Dicke der Wand, respective von der Plattendistanz, weisen entschieden darauf hin, daß beide Erscheinungen identisch sind. Die erste Ursache der tönenden Schwingungen suche ich also auch hier in der Reibung, welche der Wasserstrahl bei seinem Durchgange durch den Ausfluskanal vorzüglich an dem obern oder äußern Rande desselben erleidet. Daß dieser äußere Rand, vielleicht auch der demselben zunächst liegende Theil der innern Wand des Ausfluskanals hier dieselbe Rolle spielt, wie bei dem Ausflusse des Wassers aus einer Oeffnung in dünner Wand der vom Strahle getroffene innere Rand der Oeffnung in der obern Platte, dürfte fast mit Gewißheit daraus zu entnehmen seyn, daß die Dicke der die Ausflusöffnung enthaltenden Wand und andererseits die Entfernung der obern Platte denselben Einfluß auf die Entstehung und Beschaffenheit namentlich auf die Höhe der Töne ausüben. Wie bei einer größern Entfernung der obern Platte der aus einer Oeffnung in dünner Wand fließende Wasserstrahl im Allgemeinen tiefere Töne erzeugt, so hat auch die Anwendung einer Ausflusöffnung in einer dickeren Platte unter übrigen gleichen Umständen die Entstehung von tieferen Tönen zur Folge, und man muß in dem einen wie in dem andern Fall die Ausflusgeschwindigkeit des Wassers verstärken, um wieder dieselben Töne hervorzubringen, die bei einer kleinern Plattendistanz oder bei der Anwendung eines Ausfluskanals in einer Wand von geringerer Dicke erhalten worden waren. Dies ergibt sich aus den mitgetheilten Versuchen namentlich aus den Versuchen No. 17 bis 20 der Tabelle IV, aus welchen sich auch erkennen läßt, daß dem früher hervorgehobenen Zusammenhange zwischen Plattendistanz und Ausflusgeschwindigkeit entsprechend hier die Regel Geltung gewinnt, daß bei der Erzeugung der nämlichen Töne das Verhältniß der Dicke der die Ausflusöffnung enthaltenden Platte zu der Quadratwurzel aus der den Druck messenden Wasserhöhe beinahe constant ist.

Indem ich hiermit meine Mittheilung über diese jedenfalls interessante, wenn auch noch nicht allseitig aufgeklärte Tonerzeugung schliesse, bemerke ich, in nochmaliger Erinnerung an die Analogie, welche sie mit der Tonerzeugung durch Luftströme hat, daß ich in der mehrfach erwähnten früheren Arbeit das sogenannte Pfeifen mit dem Munde auf das Tönen der Luft beim Ausströmen durch Kanäle in dicker Wand zurückgeführt habe. Ich möchte vermuthen, daß man auch mit dem Munde pfeifende Töne hervorbringen kann, wenn man Wasser durch eine zweckmäßige Lippenöffnung ausspritzt. Ob sich schon Jemand durch Uebung eine solche Fertigkeit angeeignet habe, ist mir nicht bekannt geworden. Dagegen halte ich es für sehr wahrscheinlich, daß manche im Wasser lebenden Thiere die Fähigkeit besitzen, durch ihre geeignet gestalteten Mund- oder Kiemenöffnung das Wasser so auszustoßen oder einzusaugen, daß dadurch Töne entstehen. Es ist z. B. bekannt, daß einige Fische, namentlich mehrere Arten aus den Sippschaften *Cottus* und *Trigla*, den Groppfischen und Seehähnen, einen Ton hervorbringen können, der von den Naturhistorikern als ein Pfeifen, Murren, Knurren und Grunzen beschrieben wird. Vielleicht ergibt es sich noch, daß die große reichbelebte Welt der Gewässer nicht so klang- und tonlos ist, als es bisjetzt uns scheint, und daß das Sprichwort von den stummen Fischen nicht in dem Grade Geltung hat, als wir bisjetzt glauben.

IV. *Die Ablenkung der Magnetnadel durch die Nebenströme der leydenen Batterie; zweite Abhandlung; von Peter Riefs.*

23. In der vorhergehenden Abhandlung¹⁾ ist die merkwürdige Eigenschaft des elektrischen Ventils aufgezeigt worden, von den beiden elektrischen Strömen entgegengesetzter Richtung, welche den Nebenstrom der Batterie zusammensetzen, nur Einen durch die Stellung des Ventils bestimmten, Strom zu Stande kommen zu lassen. Ich muß wiederholt die unerwartete Sicherheit hervorheben, mit der diese Trennung entgegengesetzter Ströme von einem normal eingerichteten Ventile vollzogen wird. Unter der größten Zahl von Beobachtungen, die ich zu verschiedenen Zeiten angestellt habe, bei welchen die im Ventile vom Strome zu durchsetzende Luftstrecke eine Linie, und der Luftdruck darin 1 Linie bis 2 Linien Quecksilber betrug, ist kein Fall vorgekommen, in welchem nicht die Ablenkung des magnetischen Spiegels im Sinne eines Stroms erfolgte, der im Ventile von der Scheibe zur Spitze verläuft.

Wie vorauszusehen, erstreckt sich die Constanz die in Bezug auf die Richtung herrscht, nicht auf die Größe der Ausschläge. Die beiden durch die Induction geschiedenen Elektricitäten, die den einen wie den andern Theil des Nebenstroms bilden, haben zwei Wege, auf welchen sie sich wieder vereinigen können; einmal in der Richtung, in der sie getrennt wurden, wobei sie durch das Ventil gehen müssen; das andermal in entgegengesetzter Richtung auf ganz metallischer Bahn. Nur auf dem ersten Wege kön-

1) Pogg. Annal. Bd. 120, S. 513, Nachtrag ebend. Bd. 121, S. 613. — Durch einen Redactionsfehler steht Bd. 120, S. 538 Z. 15 v. u. »vollständiger Uebergang«. Es ist der Comparativ des Beiwortes zu verstehen. Ich werde hier die Absätze durch die Bezifferung den früheren anschließen, auf diese zurückweisen und den unbezifferten Nachtrag mit 22* bezeichnen.

nen sie die magnetische Ablenkung bewirken. Nun ist aus den einfachsten, bereits aufgeführten Beobachtungen ersichtlich, daß diese zwiefache Ausgleichung bei jedem Versuche stattfindet. Werden die beiden einander entgegengerichteten Ströme, die den Nebenstrom bilden, nach einander durch das Gewinde des Galvanometers geschickt, so erfolgt keine magnetische Ablenkung; in jedem von beiden Strömen ist also genau dieselbe Elektrizitätsmenge in Bewegung. Dennoch wurden selten Ausschläge von gleicher GröÙe erhalten, als mit Hülfe des Ventils jeder Strom einzeln gebraucht wurde. Im Allgemeinen waren die Ablenkungen, welche der dem Hauptstrome gleichgerichtete Nebenstrom hervorbrachte, merklich größer als die durch den entgegengerichteten Strom bewirkten. Auch durch ein und denselben Strom sind Ausschläge der verschiedensten GröÙe hervorgebracht worden je nach dem Luftdrucke im Ventil; bei fortgesetzter Vermehrung des Druckes von 2 Linien bis 28 Zoll haben die Ausschläge zuerst in bedeutendem Grade abgenommen, um dann später wieder zu steigen. Es folgt hieraus, daß die magnetischen Ablenkungen welche der durch das Ventil gegangene Nebenstrom hervorbringt, nicht die ganze im Strome bewegte Elektrizitätsmenge angeben, sondern nur einen Theil davon, und daß dieser Theil veränderlich ist, wenn auch der Hauptstrom und die Nebenschließung durchaus unverändert geblieben sind.

24. Bei unmittelbar auf einander folgenden Wiederholungen eines Versuchs sind die Ausschläge durch den Nebenstrom, wie ich an mehreren Beispielen gezeigt habe, nicht erheblich von einander verschieden. Wiederholt man aber den Versuch nach längerer Zeit, so erhält man häufig bedeutend abweichende Ausschläge, ohne daß die Ursache davon ersichtlich wäre. Durch den Gebrauch wird das Ventil sichtlich verändert; auf der Mitte der Messingscheibe entsteht ein brauner Fleck, wenn ein höherer Luftdruck angewendet war, eine blaue rothgesäumte Ringfigur. Diese Ursache einer veränderten Ablenkung ist leicht zu besei-

tigen, schwerer die folgende. Die Endfläche des Platindrahts in der Deckplatte wird durch die Versuche matt und höckerig, und dadurch werden die Ausschläge am Galvanometer sehr unsicher. Gelang es mir auch, längere Zeit hindurch die Platinfläche durch sorgsames Glätten wieder brauchbar herzustellen, so war ich doch zuletzt genöthigt, in beiden von mir benutzten Ventilen die Platindrähte durch neue ersetzen zu lassen.

Bei aller Sorgfalt in der Behandlung des Ventils bleibt die Sicherheit eines Ausschlages durch den Nebenstrom weit zurück gegen die durch den Hauptstrom, ist jedoch bei einigen Versuchen gröfser als bei andern. Bei gröfserer Dichtigkeit des Nebenstromes hat der Zustand des Ventils geringeren Einflufs auf die Ablenkung und es ist früher (6) bemerkt worden, dafs die Ausschläge durch den dichteren, dem Hauptstrome gleichlaufenden Nebenstrom constanter sind, als die andern. Ich werde deshalb im Folgenden zumeist die mit jenem Strome angestellten Versuche anführen, und überhaupt auf die Aenderung der Ablenkung, die dem Ventile zugeschrieben werden mufs, keine Rücksicht nehmen.

25. Wesentliche Aenderungen erfährt die magnetische Ablenkung, wenn der Nebenstrom, der sie hervorbringt, geändert wird, sey es unmittelbar durch die Zusammensetzung seines Schließungskreises, sey es mittelbar durch Aenderung des ihn erregenden Hauptstroms. Diese Aenderungen sollen zuerst aufgezeigt werden. Ihre Werthe sind nicht so constant zu erhalten, um aus ihnen das Gesetz ihrer Abhängigkeit abzuleiten, das übrigens, als nur für das angewandte Ventil geltend, von geringem Interesse seyn würde. Aber dafs überhaupt eine Aenderung eintritt, ist wichtig, da hierdurch die Ablenkungen, welche der Haupt- und der Neben-Strom bewirkt, gänzlich von einander geschieden werden. Ein Bedenken, welchen von beiden Strömen eine beobachtete Ablenkung zuzuschreiben sey, kann nach den folgenden Erfahrungen durch wenige Versuche endgültig beseitigt werden. Ich werde darauf Versuche über den

Nebenstrom in der Hauptschließung folgen lassen, und dann eine eigenthümliche Erregung der Ströme höherer Ordnung beschreiben, die einen Unterschied zwischen diesen Strömen und dem secundären Strome begründet.

Ablenkung durch den Nebenstrom bei Aenderung des Hauptstromes.

26. Der Entladungsstrom der Batterie wird geändert wenn die in der Batterie angehäuften Menge von Elektrizität oder ihre Dichtigkeit, oder die Dimensionen oder die Beschaffenheit des Schließungsbogens geändert werden. Diese Aenderungen treten in der Wärmewirkung des Stromes hervor und haben sich dort bestimmt formulirten Gesetzen unterwerfen lassen. Anders ist es, wenn man den Strom auf magnetische Ablenkung prüft. Diese zeigt sich allein von der Elektrizitätsmenge abhängig und zwar dieser Menge proportional. Bleibt die Menge constant, so ist es auch die Ablenkung, habe man mehr oder weniger Flaschen zur Batterie genommen, einen Schließungsbogen von diesem oder jenem Metalle, von den verschiedensten Dimensionen gebraucht, ihn durch Luft oder Flüssigkeiten unterbrochen, ihn zu einer Spirale aufgerollt oder andere Aenderungen mit ihm vorgenommen. Den bekannten Prüfungen dieses Satzes füge ich eine neue hinzu, bei welcher sich ein elektrisches Ventil mit 1 Linie Luftdruck in der Schließung der Batterie befand, die möglichst kurz und gut leitend, nur gerade Formen enthielt bis auf die zur Beobachtung nöthige Galvanometerrolle von 30 Fufs Drahtlänge. Es wurde die Elektrizitäts-Menge 10 gebraucht. Ein Scalenthail entsprach 1,14 Bogenminute.

Ablenkung durch den Hauptstrom der Batterie.

Flaschenzahl	2	3	7
Einschaltung in die Schließung	Ausschlag am Galvanometer		
keine	11,5	11,6	11 Scalenth.
Platindraht 101,7 lang 0 ^m ,0554 dick	11,4		
dest. Wasser. Säule 14 ¹ / ₃ lang 1 ¹ / ₃ dick	11,2		

Die magnetische Ablenkung durch den Entladungsstrom der Batterie bleibt, auch bei Unterbrechung seiner Schlie-

fsung durch das elektrische Ventil, nahe dieselbe, die constante Elektricitätsmenge mag in mehr oder weniger Flaschen angesammelt, der Leitungswerth der Schließung noch so verschieden seyn.

Jede Aenderung des Hauptstromes zieht eine entsprechende Aenderung des Nebenstromes nach sich, welche wenn man eine ganz metallische Nebenschließung benutzt, in der Erwärmung auf das Bestimmteste hervortritt. Die magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom fehlt ganz bei metallischer Nebenschließung, man kann sie bei geändertem Hauptstrom nur in der Weise prüfen, daß ein Ventil in die Schließung eingeschaltet und dadurch nur Einer der beiden Theile des Nebenstromes zum Kreislaufe gebracht wird.

27. Der Schließungsbogen der Batterie war aus gutleitenden Metallstücken zusammengesetzt und in ihn eine ebene Spirale von $5\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser eingeschaltet, die aus einem 13 Fufs langen $0,55$ Linie dicken Kupferdrahte bestand. Dieser Spirale stand die ihr gleiche Nebenspirale in 1 Linie Entfernung normal gegenüber und von den Enden der letztern waren Drähte zu der Rolle des Spiegelgalvanometers geführt in der Art, daß ein auf der Luftpumpe befindliches elektrisches Ventil mit in die Schließung gebracht war (22*). Die Schließung der Nebenspirale wurde so durch einen 79 Fufs langen $\frac{17}{24}$ Linie dicken Kupferdraht (davon 30' auf der Galvanometerrolle) $8\frac{1}{2}$ Fufs eines $\frac{10}{24}$ Linie dicken Kupferdrahtes und die 1 Linie lange Luftstrecke im Ventile bewirkt, das bis auf 1 Linie Quecksilberdruck exantlirt war.

Um im Hauptstrom die Elektricitätsmenge allein ändern zu können, mußte zur Batterie eine verschiedene Anzahl von Flaschen genommen werden. Die folgenden Beobachtungen wie alle, bei welchen das (positive) Vorzeichen der Ausschläge am Galvanometer fortgelassen ist, sind mit dem dem Hauptstrom gleichgerichteten Nebenstrom angestellt. Das Galvanometer war empfindlicher als in der ersten Abhandlung, die Elektricitätsmenge ist, wie dort, an

der Maassflasche abgezählt, deren Kugeln $\frac{1}{2}$ Linie von einander entfernt standen.

Die Elektrizitätsmenge 3 in 2 Flaschen gab den Ausschlag 13 Scalenth.

6	4	25
9	6	37

Die Ausschläge sind so genau, wie sich erwarten liess, proportional der Elektrizitätsmenge in der Batterie und demnach der im Nebenstrom in Bewegung gesetzten Elektrizitätsmenge.

28. Bei unveränderter Batterie wächst mit gesteigerter Elektrizitätsmenge die Dichtigkeit derselben, aber die durch den Hauptstrom bewirkte magnetische Ablenkung bleibt proportional der angesammelten Elektrizitätsmenge. Bei dem Nebenstrom ist Diefs nicht der Fall. Es wurden drei Flaschen der Batterie gebraucht, bei gesteigerter Ladung derselben bewirkte der Nebenstrom die folgenden Ablenkungen:

Elektrizitätsmenge q	2	4	6	8	10	
Ausschlag e	6	16	32	49	62	Scalentheile
$\frac{e}{q}$	3	4	5,3	6,1	6,2	

Die Ausschläge steigen in grösserem Verhältnisse, als die zur Ladung der Batterie gebrauchte, also auch als die im Nebenstrom bewegte Elektrizitätsmenge. Es folgt aus diesen und den vorigen Beobachtungen, dass die Ablenkungen bei constanter Elektrizitätsmenge mit der Dichtigkeit zunehmen, wie sich leicht direct zeigen lässt. Als die Luft im Ventile 2 Linien Druck hatte, gab die Elektrizitätsmenge 10 aus

	7	5	3 Flaschen entladen
die Ausschläge	33	48	58

Wie begreiflich, gelten diese Ausschläge nur für das gebrauchte Ventil und den Zustand, in dem es sich befand. In jedem Falle ist eine Dichtigkeit der Elektrizität in der Batterie zu finden, bei welcher der Nebenstrom gar nicht durch das Ventil geht, das Licht darin und die magnetische Ablenkung ausbleiben, und bei nur wenig gesteigerter Dich-

tigkeit ist der durch das Ventil gehende Theil des Stromes sehr veränderlich, die Grösse des Ausschlages unsicher.

Die nachgewiesene Abhängigkeit der Ablenkung von der Dichtigkeit der Elektricität in der Batterie läßt schliessen, daß die Geschwindigkeit, mit welcher der Nebenstrom in das Ventil tritt, nicht unter eine Gränze sinken darf, bei welcher er in derselben Richtung zurückgeht, in der er erregt worden. Je weiter die Geschwindigkeit über diese Gränze hinausreicht, desto mehr von der erregten Elektricität geht durch das Ventil und demnach durch das Galvanometer. Hiernach müssen alle Einrichtungen, welche die Geschwindigkeit des Hauptstromes und damit die des Nebenstromes ändern, die Ablenkungen in gleichem Sinne ändern.

29. Die bekannteste und am häufigsten benutzte Weise, die Geschwindigkeit des Entladungsstromes zu ändern, besteht in der Aenderung der Batterieschließung. Es wurden in den bisher benutzten gutleitenden Schließungsbogen der aus drei Flaschen bestehenden Batterie verschiedene Längen eines dünnen Platindrahtes eingeschaltet, die Elektrizitätsmenge 10 zur Ladung gebraucht und die Ablenkung beobachtet, die der Nebenstrom bewirkte. Luftdruck im Ventile 2 Linien

Einschaltung in d. Hauptschließung.	Durch den Nebenstrom.
Platindraht 0,0554 Lin. dick	Ausschlag am Galvanometer
0	56 Scalenth.
0,48 Fufs	27,5
1,95	14
9,78	9
19,55	4,7
39,1	0

Man erkennt den grofsen Einfluß, den der Leitungswerth der Hauptschließung auf die Ablenkung ausübt, die der Nebenstrom hervorbringt. Selbstverständlich ist dabei dieser Strom durch ein Ventil gegangen, was ich von hier an nicht immer bemerken will. Wie stark man auch die Batterie geladen haben mag, es wird sich stets eine Länge

eines beliebigen Drahtes finden lassen, bei dessen Einschaltung in den Hauptbogen keine Ablenkung durch den Nebenstrom zu erlangen ist. Um möglichst große Ablenkungen durch den Nebenstrom zu erhalten, hat man daher den Hauptbogen aus kurzen gutleitenden Stücken zusammenzusetzen. Die Ablenkungen durch den Hauptstrom, auch wenn er durch ein Ventil geschickt wird, sind von der Zusammensetzung des Schließungsbogens unabhängig (26).

30. Von den zusammengesetzten Vorrichtungen, die Geschwindigkeit des Hauptstromes zu ändern, will ich nur Eine aufführen, die leicht herzustellen ist. Wenn sich in der Hauptschließung eine ebene Spirale befindet, so wird die durch die Entladung der Batterie erregte Erwärmung der Schließung in hohem Grade vermindert dadurch, daß ein unächtes Silberblatt der Spirale nahe gestellt wird (meiner Elektrizitätslehre §. 842). Hieraus ist auf die Verminderung der Geschwindigkeit des Stromes geschlossen worden.

Eine cylindrische Spirale von $16\frac{1}{2}$ Windungen war aus einem 13 Fufs langen $\frac{11}{14}$ Linien dicken Kupferdraht, der mit Guttapercha umprefst war, auf eine Papprolle gewickelt und darüber eine ähnliche Spirale von $14\frac{1}{2}$ Fufs Drahtlänge. Die untere Spirale wurde in die Hauptschließung der Batterie, die obere in die Nebenschließung eingeschaltet, in der sich das Ventil und die Galvanometerrolle befand. In der Hauptschließung war eine der beiden bisher benutzten ebenen Spiralen von 13 Fufs Drahtlänge angebracht, und diese wurde abwechselnd frei gelassen und mit einem zwischen zwei Glasscheiben gelegten Blatte unächtigen Silberpapiers bedeckt. Nach Ladung von drei Flaschen mit der Elektrizitätsmenge 10 erhielt ich durch den Nebenstrom

Die magnetischen Ausschläge

bei freier Spirale	80	78	77 Scalenth.
bedeckter	34	39	43

Die verminderte Geschwindigkeit des Hauptstromes hat also eine bedeutende Verminderung der durch den Nebenstrom bewirkten Ablenkung zu Folge. Die stark von einander abweichenden Ausschläge bei bedeckter Spirale sind

dadurch erklärlich, daß die Beschaffenheit des Silberpapiers sich von Versuch zu Versuch ändert, indem die Metalldecke an verschiedenen Stellen fortbrennt, wie das Leuchten des Papiers bei der Entladung und der spätere Anblick desselben zeigt.

31. Die mitgetheilten Versuche sind bei solcher Stellung des Ventils angestellt, daß der dem Hauptstrome gleichgerichtete Theil des Nebenstromes die Scheibe des Ventils traf, die Ablenkungen im Sinne dieses Stromes erfolgten. Alle angegebenen Aenderungen der Ablenkung waren aber nicht weniger deutlich, wenn durch entgegengesetzte Stellung des Ventils der dem Hauptstrome entgegengerichtete Nebenstrom zur Wirkung auf das Galvanometer gebracht wurde. Das Ergebniss der Versuche ist ohne Beschränkung auszusprechen: *Die durch den Nebenstrom bewirkte magnetische Ablenkung ist proportional der in der Batterie angehäuften Elektrizitätsmenge; sie ändert sich in gleichem Sinne mit der Dichtigkeit dieser Elektrizität, dem Leitungswerthe des Hauptbogens und mit der durch andere Mittel bestimmten Geschwindigkeit des Entladungsstromes.*

Das Gesetz dieser Aenderung variirt mit der Beschaffenheit des Ventils, aber jedenfalls ist die Ablenkung desto größer, je größer die elektrische Dichtigkeit in der Batterie je besser die Leitung in der Hauptschließung, je größer überhaupt die Geschwindigkeit des Hauptstromes ist.

Ablenkung durch den Nebenstrom bei Aenderung der Nebenschließung.

32. Aenderungen des Nebenstromes, die in seiner erwärmenden Wirkung erkannt wurden, sind theils durch Verlängerung der Nebenschließung durch Platindrähte hervorgebracht worden (Elektricitätslehre §. 828) theils dadurch, daß der nicht erregte Theil der Schließung in verschiedene Formen gelegt wurde, die ich als N- und U-Formen bezeichnet habe (daselbst §. 886). Mit solchen Aenderungen wurde nun die Ablenkung geprüft.

Der Nebenstrom wurde, wie oben beschrieben ist (27) in einer ebenen Spirale erregt, deren Enden mit dem Ven-

tile und der Galvanometerrolle in Verbindung standen. In diese Leitung waren zwei $\frac{1}{2}$ Linie dicke Kupferdrähte eingeschaltet (zusammen $6\frac{1}{4}$ Fufs lang), deren Enden durch verschiedene Längen Platindraht mit einander verbunden wurden. Die Ladung von drei Flaschen geschah mit der Elektrizitätsmenge 10, der Luftdruck im Ventile betrug 2 Linien

Einschaltung in d. Nebenschließung

Platindraht 0,0554 Lin. dick

Ausschlag am Galvanometer

0

57 Scalentheile

1,95 Fufs

42

3,91

30,5

7,82

17,5

15,64

9

23,46

6

39,1

3

Durch den in die Nebenschließung eingeschalteten Draht und seine Verlängerung ist der Ausschlag am Galvanometer von 57 bis auf 3 Scalentheile gesunken; es ist versäumt worden ihn ganz verschwinden zu lassen, was durch eine gröfsere Länge des Platindrahts, als die zuletzt gebrauchte, geschehen wäre.

In dem vorigen Abschnitte ist die Geschwindigkeit des Nebenstroms dadurch vermindert worden, dafs er von einem langsameren Hauptstrome erregt wurde, hier wird diese Verminderung unmittelbar durch Verlängerung der Bahn des Stromes bewirkt. Die Wirkung auf die Ablenkung ist dieselbe, wie früher; mit je geringerer Geschwindigkeit der Nebenstrom in das Ventil eintritt, ein desto kleinerer Theil seiner Elektrizitätsmenge geht hindurch. Beiläufig mag daran erinnert werden, dafs auch hier eine mittelbare Veränderung der Geschwindigkeit des Nebenstromes statt hat, da Einschaltungen in die Nebenschließung den Hauptstrom verzögern. Diese mittelbare Ursache der Verzögerung des Nebenstromes ist aber der unmittelbaren untergeordnet, was sich daraus ergibt, dafs die Verzögerung des Hauptstromes ein Maximum hat, das in jedem Falle bei einer bestimmten Länge des eingeschalteten Drahtes eintritt,

die unmittelbare Verzögerung des Nebenstromes aber mit der Drahtlänge stetig zunimmt.

33. Als von drei identischen Drähten der eine in weiten Bogen ausgebreitet, der andere zu einer Spirale aufgewunden, der dritte in eine Anzahl gleichliegender U gebogen war, und jeder Draht successiv zu einer Nebenschließung hinzugesetzt wurde, fand sich der schwächste (erwärmende) Nebenstrom bei Einschaltung der N-Form (der Spirale), der stärkste bei Einschaltung der U-Form. Der erste Strom verhielt sich zum letzten wie 60 zu 114 (Pogg. Ann. Bd. 83, S. 330). Um eine Unklarheit bei der Deutung dieser Versuche zu entfernen, wiederholte ich dieselben später mit zwei langen an einander gebundenen Drähten, bei welchen die N-Form durch Verbindung zweier entgegengesetzten, die U-Form durch Verbindung zweier gleichliegenden Drahtenden hergestellt wurde. Die Aenderung des Nebenstroms war hierbei viel grösser als früher denn der schwächste Strom verhielt sich zum stärksten wie 3 zu 16 (Berichte d. Akad. 1862, S. 352).

Da es bei den Ablenkungen durch den Nebenstrom mehr auf den Sinn ihrer Aenderung, als auf deren Grösse ankommt, so habe ich zu den folgenden Versuchen die erste bequemere Einrichtung gebraucht. Ein Kupferdraht 53 Fufs lang $\frac{5}{8}$ Lin. dick, war auf Seidenschnüren ausgebreitet, ein zweiter gleicher Draht zu einer ebenen Spirale von nahe 1 Fufs grössten Durchmesser gewunden, ein dritter auf einem Brette zu 25 U von gleichgelegener Oeffnung gebogen (U-Tafel). 3 Flaschen mit Elektrizitätsmenge 10. Luftdruck im Ventile $1\frac{1}{2}$ Linien.

Einschaltung in d. Nebenschließung	Ausschlag am Galvanometer
53 Fufs Draht in gerader Form	52 Scalentheile
N-Form	31
U-Form	57

Die Verstärkung des Ausschlags durch die U-Form des Drahtes war nur gering, aber bei jeder Wiederholung des Versuches merklich. Sie läßt sich mit einer U-Tafel nicht weit bringen, weil die einzelnen U entweder einan-

der zu nahe kommen, oder ihre Zahl zu gering wird. Um eine grössere Verstärkung aufzuzeigen, würde man den oben erwähnten langen Doppeldraht anwenden müssen. Bei der Spirale ist kein Hinderniss, ihre Wirksamkeit grösser zu machen als gezeigt wurde. So finde ich einen Versuch in welchem ein 30 Fufs langer, mit Guttapercha bekleideter $\frac{17}{24}$ Linie dicker Kupferdraht in gerader Form und zu einer cylindrischen Spirale von 40 Windungen in vier Lagen aufgerollt, folgende Ablenkungen gab. Es war nur die Elektrizitätsmenge 6 in 3 Flaschen gebraucht worden. Luftdruck im Ventile $1\frac{1}{2}$ Linie.

Einschaltung in d. Nebenschliessung	Ausschlag am Galvanometer
keine	31 Scalenth.
30 Fufs Kupferdraht in gerader Form	31
N-Form	16

Durch Einschaltung einer Rolle von 78 Fufs eines mit Cautschuck bekleideten $\frac{5}{12}$ Linie dicken Kupferdrahts in die Nebenschliessung habe ich einen Ausschlag von 60 Scalentheilen auf 8 vermindert gesehen, was zum bei Weitem grössten Theile der Form des Drahtes beizumessen ist.

34. Dafs die verschiedene Geschwindigkeit des Nebenstromes bei verschiedener Form seiner Schliessung durch einen tertiären Strom in der Schliessung bewirkt wird, haben die Beobachtungen der Erwärmung gelehrt, deren Verminderung vollständig aufgehoben wurde, wenn bei N-Form der Schliessung dieser Form ein vollkommen geschlossener Draht nahe gelegt war (Berichte 1862, S. 352). Bei Anwendung von Spiralen war die Aufhebung der Aenderung nicht vollständig, aber merklich genug. Diefs ist auch der Fall wenn man den Nebenstrom auf seine magnetische Ablenkung prüft. Ueber eine Rolle (32 Windungen in einer Lage) eines 30 Fufs langen $\frac{17}{24}$ Linie dicken Kupferdrahts wurden 32 Fufs desselben Drahtes in 30 Windungen gelegt. Die Rolle wurde in eine Nebenschliessung eingeschaltet und die Ablenkung geprüft, je nachdem die Enden

des obern Drahts frei lagen, oder mit einander verbunden waren.

Ausschlag am Galvanometer	Ohne Einschaltung	Rolle eingeschaltet	Oberer Draht geschlossen
	63	40	54 Scalenth.

Aus den Versuchen dieses Abschnittes folgt: *Mit der Geschwindigkeit des Nebenstromes, welche die Einrichtung der Nebenschließung bedingt, ändert sich die vom Strome bewirkte magnetische Ablenkung in gleichem Sinne.*

Ablenkung durch den Nebenstrom der Hauptschließung.

35. Die möglichst kurze gutleitende Hauptschließung der Batterie theilte sich wie in (21) in zwei völlig gleiche Zweige, und jeder Zweig enthielt eine Rolle von 40 Windungen in vier Lagen, die aus 30 Fufs eines $\frac{1}{32}$ Linie dicken Kupferdrahts bestand. Die eine Rolle stand dicht hinter dem magnetischen Spiegel, die andere so weit von ihm entfernt, daß sie ohne Wirkung auf ihn blieb. In jedem Zweige befand sich ein elektrisches Ventil, so gestellt, daß der Entladungsstrom die Spitze des einen und die Scheibe des andern traf; bei ganz metallischer Schließung fehlten die Ventile. Es wurden zuerst Beobachtungen wie in (21) angestellt, und darauf dieselben wiederholt, nachdem in jeden Zweig, zwischen dem Ventile und der Drahtrolle, ein $4\frac{3}{4}$ Fufs langer Platindraht von 0,042 Linie Dicke eingeschaltet war. Die Elektrizitätsmenge der Theilströme konnte durch diese Einschaltungen nicht verändert werden. Die Ladung war die Elektrizitätsmenge 6 in 3 Flaschen, der Luftdruck in den Ventilen $1\frac{1}{2}$ Linie. Die Lage des Ventils wird auf den Hauptstrom bezogen und für den Zweig angegeben, der den Spiegel ablenkt; im entfernten Zweige war sie die entgegengesetzte. Im Mittel aus drei Beobachtungen fand sich:

	Ausschlag am Galvanometer, bei		
	metallischer Schließung	Spitzen- stellung des Ventils	Flächen- stellung
Ohne Einschaltung	+ 4,1	— 81	+ 89 Scth.
Platindraht in jedem Zweige	+ 4,1	— 2,7	+ 9,5

Diese Versuche sind dadurch merkwürdig, daß sie an demselben Apparate zeigen, was früher an verschiedenen Apparaten nachgewiesen worden ist. Die magnetische Ablenkung durch den Hauptstrom wird durch Einschaltung des Platindrahts in seine Bahn nicht verändert, wie in (26), die durch den Nebenstrom in hohem Grade vermindert. Die Ablenkung durch den Nebenstrom muß bei der Einschaltung aus zweifachem Grunde kleiner seyn, als ohne dieselbe. Einmal weil dem erregenden Hauptstrome, wie (29), dann weil dem Nebenstrome eine schlechtere Leitung gegeben worden ist (32).

36. Alle Versuche, die mit dem Nebenstrome eines Nebendrahtes anzustellen sind, müssen sich mit dem Nebenstrome des Hauptdrahtes wiederholen lassen. Es ist Diefes selbstverständlich und die folgenden Versuche können wenig Neues über den Nebenstrom lehren, aber anderen einfacheren Versuchen als Corollare dienen.

Die Form des zuletzt beschriebenen Versuchs mit zwei gleichen Zweigen und zwei Ventilen wurde gewählt, um die Stromtheilung durch Einschaltungen in die Zweige nicht zu ändern. Die bequemere Form des Versuches, bei der nur Ein Ventil gebraucht wird (22*), liefert ein nicht so einfaches, aber nicht minder schlagendes Ergebnifs. Eine Rolle aus 30 Fufs Kupferdraht in vier Lagen bildete den einen Zweig des Schließungsbogen wie in (22*) und der andere bestand aus den Leitungsdrähten zu der Galvanometerrolle, aus dieser selbst und dem elektrischen Ventile. Nachdem Beobachtungen bei metallischer Schließung und bei verschiedener Stellung des Ventils angestellt waren, wurde neben der Drahtrolle ein Platindraht, $4\frac{1}{4}$ Fufs lang, 0,042 Lin. dick, eingeschaltet, so daß nun der kurze Zweig aus der Rolle und diesem Drahte bestand, während der lange Zweig unverändert blieb. Luftdruck im Ventile 1 Linie, Ladung Elektricitätsmenge 6 in 3 Flaschen. Die Ausschläge sind Mittel aus drei Beobachtungen,

	Ausschlag am Galvanometer, bei		
	im kurzen Zweige	metallischer Schließung	Spitzen- stellung des Ventils Flächen- stellung
keine Einschaltung		+ 1,7	— 141 + 131 Scb.
Platindraht eingeschaltet		+ 6,9	— 5,7 + 13,5

Die Einschaltung des Platindrahts bewirkte, wie leicht erklärlich, eine bedeutende Vergrößerung der Ablenkung durch den Hauptstrom und eine größere Verminderung der Ablenkung durch den Nebenstrom. Die Theilung des Hauptstromes in den Zweigen ist nämlich in diesen beiden Versuchen eine sehr verschiedene; vor der Einschaltung des Platindrahts ging ein sehr kleiner, nach derselben der größte Theil des Hauptstromes durch die Galvanometerrolle. Der Nebenstrom wurde also zum größten Theile zuerst in der vom Galvanometer entfernten Drahtrolle, zuletzt in der Galvanometerrolle selbst erregt. Beide Rollen waren völlig gleich. Die Verminderung der Ablenkung durch den Platindraht ist auffallend groß. In (35) nämlich war ein ebensolcher Platindraht in jeden der beiden Zweige eingeschaltet, er wirkte also sowol auf den erregenden Hauptstrom, wie auf den erregten Nebenstrom, hier hingegen verringert der Platindraht allein den Leitungswerth des Kreises, den der Nebenstrom zu durchlaufen hat. Dennoch ist in der zuletzt gegebenen Versuchsreihe die Abnahme der Ablenkung durch die Einschaltung eben so groß, wie in der vorhergehenden. Es folgt daraus, daß der in einem Zweige erregte Nebenstrom den Hauptstrom in demselben Zweige verzögert, was ich früher durch Untersuchung der Wärmewirkung des Stromes gezeigt habe (Berichte 1859 S. 5 flg.).

37. Im vorigen Versuche ist der größte Theil des Nebenstromes erst in der einen, dann in der andern Drahtrolle erregt worden; man kann ihn aber stets in derselben Rolle erregen lassen, wenn man die Einschaltung im langen Zweige anbringt. Dadurch ist die Gelegenheit gegeben, an demselben Apparate den einfachen Versuch mit

dem Nebenstrome anzustellen, dem der Versuch an dem Zweige als Corollar dient.

Von der Doppel-Rolle, aus 30 und 32 Fufs Draht gewunden (34), wurde die untere Rolle in den Schliessungsbogen der Batterie gebracht und an ihren Enden durch Kupferdrähte (im Ganzen $79\frac{1}{4}$ Fufs von $\frac{1}{14}$ und $8\frac{1}{4}$ Fufs von $\frac{10}{14}$ Linie Dicke) die Verbindung mit Ventil und Galvanometer hergestellt. Nachdem die Ablenkung bei ganz metallischer Schliessung und bei beiden Stellungen des Ventils beobachtet war, wurde an dem vordern Ende der Drahtrolle ein Platindraht ($4\frac{1}{2}$ Fufs lang 0,042 Linie dick) eingeschaltet und die Beobachtung wiederholt. In Fig. 8 Taf. II ist die Rolle r , das Galvanometer g , das Ventil v (gegen den Hauptstrom in Spitzenstellung) der eingeschaltete Platindraht p angedeutet. Dann wurden die Enden der zum Galvanometer führenden Drähte von der untern Rolle gelöst und an der darauf liegenden Rolle befestigt, die Ablenkung also durch den in einer Nebenschliessung circulirenden Nebenstrom hervorgebracht. Bei ganz metallischer Schliessung findet hier keine Ablenkung statt. In Fig. 9 Taf. II ist die obere Drahtrolle mit r' bezeichnet, das Ventil v steht in Flächenstellung, wenn seine Stellung wie gewöhnlich, auf den dem Hauptstrome gleichgerichteten Nebenstrom bezogen wird; ich werde indeß, um die Identität des Versuchs in beiden Anordnungen anschaulicher zu machen, die erste Bezeichnung beibehalten. Die folgenden Ausschläge sind Mittel aus zwei Beobachtungen, zur Ladung von 3 Flaschen diente wie früher die Elektrizitätsmenge 6, der Druck im Ventile betrug 1 Linie.

Nebenstrom der Hauptschliessung.

	Ausschlag am Galvanometer, bei metallischer Spitzenstellung Flächen- Schliessung (Fig. 8) stellung des Ventils		
ohne Einschaltung	+ 2,3	— 100,5	+ 91,5 Scth.
Platindraht eingeschaltet	0	— 11,5	+ 10,5

Nebenstrom der Nebenschliessung.

	(Fig. 9)	
ohne Einschaltung	— 88	+ 77,5
Platindraht eingeschaltet	— 12,5	+ 9,5

Um die Abweichungen von dem Gesetze der Stromtheilung in einem verzweigten Schließungsbogen zu erklären, habe ich im Jahre 1844 einen Nebenstrom in den Zweigen angenommen, der durch vorhergehende Erfahrungen sehr wahrscheinlich gemacht war. Seit der Zeit habe ich das Vorhandenseyn dieses Nebenstromes durch viele zum Theil mühsame Versuche, wie ich glaube, genügend nachgewiesen. Dennoch dürfte der eben beschriebene Doppelversuch nicht unwillkommen seyn, da er einfach und leicht anzustellen, einen Zweifel an jenem Strome, wenn er noch bestehen sollte, in anschaulicher Weise beseitigt.

38. Ein Nebenstrom wird geschwächt, wenn dem erregten Theile seiner Schließung ein vollkommen geschlossener ihm paralleler Draht nahe gelegt ist.

Um einen $6\frac{1}{2}$ Zoll breiten Holzcylinder waren drei Kupferdrähte, jeder 53 Fufs lang $\frac{7}{12}$ Linie dick, je 1 Linie von einander entfernt, neben einander zu drei Spiralen gewunden (Elektricitätslehre §. 865). Die erste Spirale wurde in den Schließungsbogen der Batterie eingeschaltet und ihre Enden mit den zur Galvanometerrolle und zum Ventile führenden Drähten wie in Fig. 8 verbunden. Die Enden der zweiten und dritten Spirale blieben frei bei den Ausschlägen der ersten Zeile der folgenden Tafel. Bei den Ausschlägen der zweiten Zeile waren die Enden der zweiten Spirale durch einen wenige Zolle langen Kupferdraht geschlossen. Um diesen Versuch bei dem vom Hauptstrome getrennten Nebenstrome zu wiederholen, wurden, wie in Fig. 9, Taf. II, die Leitungsdrähte an den Enden der zweiten Spirale befestigt und die Enden der dritten Spirale zuerst frei gelassen, dann durch den kurzen Kupferdraht geschlossen. Ladung: Elektricitätsmenge 6 in 3 Flaschen, Druck im Ventile 1 Linie. Die Stellung des Ventils wird hier in beiden Fällen auf den dem Hauptstrome gleichgerichteten Nebenstrom bezogen.

Nebenstrom der Hauptschließung			
Ausschlag am Galvanometer, bei			
der Neben- draht	metallischer Schließung	Spitzenstellung des Ventils	Flächenstellung
frei	+ 3,3	— 118	+ 128
geschlossen	+ 3,4	— 29	+ 21
Nebenstrom der Nebenschließung			
frei		— 108	+ 110
geschlossen		— 2	+ 3

Der geschlossene Nebendraht erniedrigt in hohem Grade die Ausschläge, welche der Nebenstrom der Hauptschließung, wie der der Nebenschließung bewirkt. Daß die Erniedrigung im letzten Falle bedeutend größer ist als im ersten, hat nichts Auffallendes; der Nebendraht hatte in beiden Fällen dieselbe Entfernung von dem erregten Drahte, aber die Erregung geschah im ersten Falle in dem Drahte der Hauptschließung selbst, im zweiten in einem von ihr entfernten Drahte.

39. Ein Nebenstrom, in einer cylindrischen Spirale erregt, wird geschwächt, die durch ihn bewirkte Ablenkung vermindert, wenn eine Metallröhre in die Höhlung der Spirale gebracht wird. Dieß ist bei allen Versuchen über die Ablenkung durch den Nebenstrom der Hauptschließung der Fall gewesen, da die Kupferbüchse, die den magnetischen Spiegel einschließt, in die Galvanometerrolle hineinragt, und die Schwächung mußte am größten gewesen seyn, wo der Nebenstrom ganz (22) oder größtentheils in dieser Rolle erregt war (36). Die Kupferbüchse hat einen Durchmesser von 22 Linien bei einer Länge von 13 Linien und geht $4\frac{1}{4}$ Linien in die Drahtrolle hinein, deren Axe 17 Linien beträgt. Der Zwischenraum zwischen der Büchse und der untersten Drahtlage, nicht genau bestimmbar, ist etwa $2\frac{1}{2}$ Linien. Ich wiederholte den in (22*) und (36) beschriebenen Versuch, bei welchem eine der Galvanometerrolle gleiche Drahtrolle im Schließungsbogen angebracht war, und in dieser der größte Theil des Nebenstromes erregt wurde. Ein massiver Kup-

ferencylinder, von gleichen Dimensionen mit der Kupferbüchse des Galvanometers wurde in die Drahtrolle des Schließungsbogens geschoben, so daß er $4\frac{1}{2}$ Linien der Axe der Rolle einnahm. Die magnetische Ablenkung durch den dem Hauptstrome gleichgerichteten Nebenstrom wurde dadurch im Verhältnisse 100 zu 89 vermindert, die durch den entgegengesetzten Strom im Verhältnisse 100 zu 88.

40. Von größtem Einflusse auf den Nebenstrom der Hauptschließung der Batterie ist die *Form* dieser Schließung. Der Strom erhält die größte Elektrizitätsmenge bei der N-Form, eine kleinere bei der geraden, die kleinste bei der U-Form der Schließung. Dieß läßt sich durch die magnetische Ablenkung in auffallender Weise zeigen.

Ein 53 Fufs langer $\frac{5}{8}$ Linie dicker Kupferdraht auf Seidenschnüren ausgebreitet, wurde in die kurze Schließung der Batterie eingeschaltet und von seinen Enden eine Leitung in beschriebener Weise zu Galvanometer und Ventil fortgeführt. Der Draht wurde dann durch einen gleichen, zu einer ebenen Spirale gewundenen, zuletzt durch einen gleichen Draht ersetzt, der in 25 gleichliegende U gebogen war (33). Elektrizitätsmenge 6 in 3 Flaschen, Druck im Ventile 1 Linie, die Stellung desselben auf den Hauptstrom bezogen. Die Ausschläge sind Mittel aus zwei Beobachtungen.

Form der Schließung	Nebenstrom der Hauptschließung.		
	Ausschlag am Galvanometer, bei		
	metallischer Schließung	Spitzenstellung des Ventils	Flächenstellung
gerade	+ 3,0	— 66	+ 63 Scth.
ebene Spirale	+ 3,0	— 116	+ 111
25 U	+ 3,2	— 10,0	+ 11,3

Die bei gleicher Stellung des Ventils von einander sehr verschiedenen Ausschläge rühren her von dem in den beiden Zweigen des Hauptdrahts erregten Nebenstrom, der eine verschiedene Elektrizitätsmenge erhielt, je nachdem die Form des einen Zweiges die eine oder andere war, während der andere Zweig ungeändert blieb. Die größten Aus-

schläge erfolgten bei der N-Form, die kleinsten bei der U-Form des Zweiges. Die letzten Ausschläge sind, wie ich bei späterer Wiederholung fand, unsicherer als die andern, sie blieben aber stets auffallend klein. Zwar konnte der Nebenstrom in dem U-Drahte nur sehr schwach seyn, denn als ich ihn in einem 1 Linie entfernten Nebendrahte von U-Form und 53 Fufs Länge erregen liess, wurde bei Flächenstellung des Ventils (auf den Hauptstrom bezogen) keine Ablenkung bemerkt, bei der Spitzenstellung eine, die keinen ganzen Scalentheil betrug. Aber von dem in der Galvanometerrolle erregten Nebenstromen konnte auch bei Beachtung der langen Leitung, die er zu durchlaufen hatte, eine grössere Ablenkung erwartet werden, als die beobachtete. Auf die Theilung des Hauptstromes in den Zweigen hatte, wie die Ausschläge bei ganz metallischer Schliessung zeigen, die Formänderung des einen Zweiges keinen Einfluss.

Ablenkung durch Ströme höherer Ordnung.

41. Die Ströme höherer Ordnung, als der zweiten, werden von Inductionsströmen erregt, so dass bei ihnen nicht nur der erregte, sondern auch der erregende Strom aus einer geraden Anzahl von elektrischen Strömen mit abwechselnd entgegengesetzter Richtung zusammengesetzt ist. Von jedem solchen Stromcomplexe lässt ein normales elektrisches Ventil nur die Ströme Einer Richtung zu Stande kommen, die durch die Stellung des Ventils bestimmt wird. Normal wird ein Ventil genannt, wenn die Luft darin genügend verdünnt ist, was häufig noch bei einem Drucke von mehreren Zollen, überall aber bei einem Drucke von zwei Linien Quecksilber der Fall ist. Entfernt man das Ventil von seiner normalen Einrichtung, indem man mehr und mehr Luft zulässt, so wird es ein Mittel, einen Nebenstrom beliebiger Ordnung von dem ihm vorangehenden oder folgenden Strome zu unterscheiden. Mit der Zunahme der Luft im Ventile sinken nämlich die beiderseitigen Ausschläge am Galvanometer, aber die nach der einen Seite

langsam; die nach der entgegengesetzten sinken schnell und gehen zuletzt nach der ersten Seite. Bei jedem Nebenstrom verliert demnach die Stellung des Ventils von einem gewissen Luftdrucke an, ihre Bedeutung und die Wirksamkeit des Ventils wird darauf beschränkt, durch den Strom eine magnetische Ablenkung vorzugsweise nach einer bestimmten Seite zuwege zu bringen, welche die *vorwiegende Ablenkung* des Stromes heißen mag. Diese vorwiegende Ablenkung ist, wie ich früher bemerkt habe (17), sicherer durch die Abnahme der Ablenkung bei vergrößertem Luftdrucke im Ventile, als durch ihre Richtung bei hohem Drucke zu bestimmen. Es entspricht nun die vorwiegende Ablenkung bei den Nebenströmen gerader Ordnung einem dem Hauptstrom gleichgerichteten, bei den Strömen ungerader Ordnung einem ihm entgegengerichteten Strome (17), so daß zum Beispiel durch dieses Merkmal der tertiäre Strom vom secundären und vom Strome vierter Ordnung unterschieden ist. Ich versuchte, ob dieser Unterschied fortiele, wenn bei der Erregung des tertiären Stromes der secundäre Strom durch ein normales Ventil ging.

42. Der secundäre Strom wurde mit Hülfe der kurzen ebenen Spiralen erregt, die Nebenspirale mit einer langen ebenen Spirale an entgegengesetzten Enden verbunden (13) und in die Verbindung ein normales Ventil eingeschaltet, durch dessen Stellung der secundäre Strom dem Hauptstrom gleich- oder entgegenzurichten war. In der Schließung der tertiären Nebenspirale befand sich die Galvanometerrolle und ein Ventil, in welchem der Luftdruck geändert wurde. Die Stellung dieses Ventils wird auf den dem Hauptstrom gleichlaufenden tertiären Strom, demnach wie früher (13) auf das Randende der letzten Spirale bezogen. Elektricitätsmenge 10 in 3 Flaschen.

		Der secundäre Strom dem Hauptstrome			
		gleichlaufend		entgegenlaufend	
		Ablenkung durch den tertiären Strom, bei			
Druck		Spitzen-	Flächen-	Spitzen-	Flächen-
im Ventile		stellung	stellung	stellung	stellung
		des Ventils.			
	1 $\frac{3}{4}$ Lin.	— 42	+ 55	— 49,5	+ 30
1 Zoll		— 34	+ 10	— 11	+ 30
2		— 33	— 9	+ 6,5	+ 31
4		— 33	— 18	+ 10	+ 29
8		— 30	— 23	+ 12	+ 22

Wie die erste Versuchsreihe zeigt, ändert sich der Ausschlag mit vergrößertem Luftdrucke bei Spitzenstellung des Ventils sehr langsam, bei Flächenstellung sehr schnell; der dem Hauptstrome gleichlaufende secundäre Strom erregt einen tertiären Strom, dessen vorwiegende Ablenkung, gegen Erwartung, dem Hauptstrome entgegengerichtet ist. Völlig dem entsprechend ist die zweite Versuchsreihe, denn der secundäre Strom hat hier die entgegengesetzte Richtung, und die vorwiegende Ablenkung des tertiären Stromes ist hier wie dort, dem ihn unmittelbar erregenden Strome entgegengerichtet. Der Unterschied zwischen dem secundären und dem tertiären Strome bleibt demnach bestehen, wenn auch der letztere durch einen einfach gerichteten secundären Strom erregt worden ist.

43. Der Strom vierter Ordnung wurde in ähnlicher Weise, wie in (15) beschrieben ist, zu Stande gebracht, aber ein normales Ventil in den tertiären Kreis eingeschaltet, so gestellt, daß der tertiäre Strom dem Hauptstrome gleichgerichtet war. In gleicher Stellung befand sich ein Ventil im Kreise vierter Ordnung, als der Strom fünfter Ordnung wie (16) untersucht wurde. Die folgende Tafel giebt zur Vergleichung die Ausschläge bei steigendem Drucke im Ventile durch drei Ströme höherer Ordnung, von welchen jeder unmittelbar durch einen dem Hauptstrome gleichgerichteten Strom erregt wurde. Bei den beiden ersten Strömen waren 3 Flaschen der Batterie mit der Electricitätsmenge 10, bei dem dritten mit 15 geladen.

Ablenkung durch den Strom

Druck im Ventil	dritter		vierter		fünfter Ordnung	
	Spitzenstellung	Flächenstellung	Spitzenstellung	Flächenstellung	Spitzenstellung	Flächenstellung
1 $\frac{3}{4}$ Lin.	-42	+55	-24	+30	-24	+35
1 Zoll	-34	+10	-22	+ 3	-28	+ 7
2	-33	- 9	-20	0	-25	- 2
4	-33	-18	-19	- 4	-26	-11
8	-30	-23	-11	- 5	-27	-19

Diese verschiedenen Ströme verhalten sich in völlig gleicher Weise, sie geben bei steigendem Luftdrucke im Ventil eine langsame Aenderung der magnetischen Ausschläge, wenn das Ventil in Spitzenstellung steht, eine schnelle bei Flächenstellung. Dafs die Richtung der Ablenkung bei Flächenstellung mit dem ungewöhnlich geringen Drucke von wenig über einem Zolle Quecksilber wechselt, halte ich nicht für wesentlich, da es bei dem später von mir untersuchten Strome sechster Ordnung, wobei die 13 Fufs langen Spiralen fehlten, nicht der Fall war, die verschiedene Abnahme der Ausschläge aber in eben dem Sinne, wie hier eintrat. Es folgt aus diesen Versuchen: *Wenn ein Strom höherer Ordnung durch einen einfach gerichteten Strom erregt wird, so ist die Richtung seiner vorwiegenden Ablenkung der Richtung des erregenden Stromes entgegengesetzt.*

44. Die beschriebene künstliche Erregung der Ströme höherer Ordnung hebt den Unterschied auf zwischen den Strömen gerader und ungerader Ordnung, was weniger auffällig ist, als dafs dadurch alle Ströme höherer Ordnung das Merkmal der ungeraden Ordnung erhalten. Sie verhalten sich alle, wie bei der ungestörten Erregung der tertiäre Strom (14). Da bei der künstlichen Erregung das Ventil dem erregenden Strome Eine Richtung giebt, ihn also darin dem primären Strome gleichmacht, so konnte das Merkmal des secundären Stromes erwartet werden. Die vorwiegende Ablenkung des secundären Stromes erfolgt in der Richtung des ihn erregenden Stromes (Hauptstromes), gleichgültig ob der Hauptstrom durch ein Ventil gegangen ist, oder nicht. Es findet also der merkwürdige Unterschied

statt, daß die vorwiegende Ablenkung bei dem secundären Strome der Richtung des ihn erregenden Stromes entspricht, bei allen Strömen höherer Ordnung ihr entgegengesetzt ist. Bei diesen Strömen wird die Richtung des erregenden Stromes willkürlich durch die Stellung des Ventils bestimmt. Geschieht dies nicht, so wirkt jeder Strom erregend mit der Richtung seiner vorwiegenden Ablenkung, wodurch die Abwechselung der Merkmale der auf einander folgenden Ströme zu Stande kommt.

Als mittelbare Ursache des angegebenen Unterschiedes kann vorläufig der Umstand angenommen werden, daß bei dem secundären Strome der erregende Strom nicht in sich zurückläuft, während dies bei allen übrigen Nebenströmen der Fall ist, eine Annahme die der Prüfung durch den Versuch bedarf. Ich breche hier ab, da die vorliegenden Abhandlungen nur den Zweck verfolgten, zur Erkennung der Nebenströme der leydeners Batterie die wichtigsten Thatfachen anzugeben, die in jedem wohl eingerichteten physikalischen Kabinete mit geringem Zeitaufwande nachgewiesen werden können.

V. Ueber die Spectra einiger chemischen Elemente; von William Huggins.

(Aus den *Philosoph. Transact. f.* 1864, von Hrn. Verfasser übersandt.)

1. Vor einiger Zeit bin ich gemeinschaftlich mit Prof. W. A. Miller beschäftigt gewesen, die Spectra von Fixsternen zu beobachten. Um die Lage der Stern-Linien und ihre mögliche Coincidenz mit den hellen Linien der terrestrischen Elemente genau zu bestimmen, construirte ich einen Apparat, in welchem das Spectrum eines Sterns direct mit jedem beliebigen Spectrum verglichen werden kann. Zur Durchführung dieses Vergleiches fanden wir

von den Spectren der chemischen Elemente keine Abbildung, die dem Zweck genügt hätte. Die sehr detaillirten und höchst genauen Abbildungen und Tafeln von Kirchhoff beschränken sich auf einen Theil des Spectrums und auf nur einige elementare Körper, und in den Abbildungen sowohl des ersten als des zweiten Theils seiner Untersuchungen sind die beschriebenen Elemente nicht alle mit gleicher Vollständigkeit in den verschiedenen Theilen des Spectrums angegeben. Allein diese Abbildungen sind am wenigsten für unseren Zweck geeignet, weil die hellen Linien der Metalle in Bezug auf die dunklen Linien des Sonnenspectrums angegeben sind, wodurch einige Unsicherheit in der Bestimmung ihrer Lage bei Nacht entspringt, und auch in Fällen, wo das Sonnenspectrum nicht gehörig mit ihnen verglichen werden kann. Wegen der Verschiedenheit des Dispersionsvermögens der Prismen und wegen der Ungewissheit, ob sie in Bezug auf die einfallenden Strahlen genau unter demselben Winkel eingestellt wurden, sind überdieß numerische Tafeln, die mit *einem* Instrument erhalten wurden, nicht allein hinreichend zur Bestimmung von Linien aus ihrer Lage mit einem anderen Instrumente.

Es schien mir, daß eine normale Vergleichungsscale, wie sie erfordert wird und welche im Gegensatz zum Sonnenspectrum, immer zur Hand wäre, in den Linien des Spectrums der gewöhnlichen Luft gefunden würde. Da in diesem Spectrum auf der Strecke von *a* bis *H* über hundert Linien sichtbar sind, so sind sie zahlreich genug, um feste Punkte für eine normale Scale abzugeben, auf welche die hellen Linien der Elemente bezogen werden können. Das Luftspectrum hat auch den großen Vorzug, daß es zugleich mit den Spectren der zu beobachtenden Körper ohne weitere Complication des Apparates sichtbar ist.

2. Der optische Theil des zu diesen Beobachtungen angewandten Apparates besteht aus einem Spectroskop von sechs Prismen aus schwerem Glase. Die Prismen von Hrn. Browning gekauft, sind an Größe und Beschaffenheit

des Glases denen gleich, welche derselbe für das Cassiot'sche Spectroskop lieferte. Sie alle haben einen brechenden Winkel von 45° . Sie nehmen vom Collimator aus an Gröfse zu; ihre Flächen gehen von $1,7 \times 1,7$ Zoll bis $1,7 \times 2,0$ Zoll.

Die sechs dispersirenden Prismen und ein reflectirendes wurden sorgfältig nivellirt und die ersteren für die Natriumlinie *D* auf das Ablenkungs-Minimum eingestellt. Die Reihe der Prismen wurde dann eingeschlossen in den Mahagonikasten *a* (Fig. 4 Taf. I), welcher zwei Oeffnungen hatte, eine für die Strahlen aus dem Collimator *b* und eine andere für deren Austritt nach der Brechung in den Prismen. Diese Oeffnungen waren durch Schieber verschlossen, wenn der Apparat nicht gebraucht ward. Bei dieser Vorrichtung brauchten die Prismen nicht von Staub gereinigt zu werden, und ihre Ajustirung war weniger Störungen ausgesetzt. Der Collimator hatte ein achromatisches Objectiv von Ross, von 1",75 Durchmesser und 10",5 Brennweite. Das Fernrohr, dessen Objectiv eine Brennweite von 16",5 hatte, war längs einem getheilten Messingbogen *c* verschiebbar und der Mittelpunkt seiner Drehung lag nahe unter der letzten Seite des letzten Prismas. Das Ocularstück wurde vom Fernrohr abgenommen und der Mittelpunkt der Drehung so ajustirt, dafs das Bild der beleuchteten Linse des Collimators, gesehen durch die Reihe der Prismen, annähernd concentrisch blieb mit dem Objectiv des Fernrohrs, wenn dieses um einen dem sichtbaren Spectrum gleichen Bogen gedreht ward. Alle vom letzten Prisma austretenden Lichtbündel, mit Ausnahme der dem äufserst brechbaren Theil des Spectrums angehörigen, wurden daher beinahe concentrisch mit dem Objectiv des Fernrohrs aufgefangen. Die gesammte Ablenkung des Lichts beim Durchgang durch die Reihe der Prismen beträgt für den Strahl *D* etwa 198° . Das Intervall zwischen *A* und *H* entspricht ungefähr $21^\circ 14'$ des Messingbogens.

3. Der messende Theil des Apparates besteht aus dem Messingbogen, der in Intervalle von $15''$ getheilt ist. Der Abstand, den das Fernrohr durchwandert, wenn es von dem

einen Bestandtheile der Doppellinie *D* des Natriums zum andern übergeht, wird durch fünf Abtheilungen von 15" gemessen. Diese werden durch einen Nonius abgelesen.

Mit dem Fernrohr ist ein Dollond'sches Mikrometer verbunden. Diefes giebt für das Intervall der doppelten Natrium-Linie 60 Theile einer Umdrehung der Schraube an. Zwölf dieser Abtheilungen des Mikrometers sind daher gleich einer Abtheilung der Scale des Messingbogens. Das Mikrometer hat ein Kreuz von starken Drähten, die mit den Linien des Spectrums beinahe einen Winkel von 45° bilden. Der Durchschnittspunkt dieser Drähte kann auf die mit der Mikrometerschraube oder einer das Fernrohr führenden Schraube zu messenden Linie gebracht werden. Meistens wurde von der Scale abgelesen und das Mikrometer nur hin und wieder gebraucht, um die Messung kleiner Intervalle zu verificiren. Die Sexagesimal-Ablesungen der Scale, welche fünf Abtheilungen für das Intervall der Doppellinie *D* gaben, wurden auf Decimalformen reducirt, deren Einheiten Intervalle von 15" waren, und dies sind die in den Tafeln gegebenen Zahlen. Es wurde ein Versuch gemacht, die Messungen auf die Scale von Kirchhoff's Tafeln zu reduciren, allein es fand sich, dafs die Spectra die seinigen nicht deckten. Diefes rührt vermuthlich größtentheils davon her, dafs bei seinen Beobachtungen die Prismen für die verschiedenen Theile des Spectrums eine verschiedene Ajustirung erhielten. Die Ocularstücke sind von positiver Constructionsform. Das eine, von Dollond, vergrößert 15, das andere, von Cook, etwa 35 Mal.

4. Die Vortrefflichkeit des Apparats ergiebt sich durch die Deutlichkeit und Trennung der feineren Linien des Sonnenspectrums. Alle von Kirchhoff verzeichneten sind mit Leichtigkeit zu sehen und überdies noch manche andere. Das ganze Spectrum ist sehr deutlich. Die zahlreichen feinen Linien zwischen *a* und *A* sind wohl begrenzt. Ebenso die Liniengruppen bei und jenseits *G*. *H* ist sichtbar, aber mit geringerer Deutlichkeit.

Da, mit Ausnahme der doppelten Kaliumlinie bei *A*,

keine weniger brechbare Linien als a gesehen wurden, so begannen die Abbildungen und Tafeln mit der Linie a des Sonnenspectrums und erstrecken sich bis H .

Wahrscheinlich sind die Beobachtungen in der Nähe der brechbarsten Gränze etwas weniger genau und vollständig. Wegen der Lichtschwäche dieses Theils des Spectrums muß der Schlitz erweitert werden, und da überdies das Fadenkreuz schwer zu sehen ist, ist die genaue Bisectiön einer Linie weniger sicher.

5. Zu allen Beobachtungen wurde der Funke eines Inductions-Apparates angewandt. Dieser Apparat hat einen secundären Draht von 15 (engl.) Meilen und ward durch eine Grove'sche Batterie von zwei, oder bisweilen vier Zellen angeregt. Jede dieser Zellen hat 33 Quadratzoll wirk-samer Platinfläche. Mit zwei solcher Zellen ist der Induc-tionsfunke 3 Zoll lang. Mit der primären Kette ist ein Con-densator verbunden und mit der secundären eine Batterie von Leydener Flaschen. Neun Flaschen, jede mit einer Be-legung von 140 Quadratzoll auf jeder Fläche, wurden an-gewandt. Diese wurden zu drei Batterien jede von 3 Fla-schen geordnet und die Batterien hintereinander (*in polar series*) verknüpft.

Die Metalle wurden gewöhnlich mit Zangen gehalten. Der gegenseitige Abstand der Elektroden, ihr Abstand vom Schlitz und die Breite des letzteren wurden so verändert um jedesmal die grösste Deutlichkeit zu erhalten. Der ge-genseitige Abstand der Elektroden war immer so groß, daß die zu beobachtenden Metalllinien sich quer über das Spec-trum erstreckten.

6. Einigen Aufschub veranlafte es, daß die ersten Beobachtungen nicht übereinstimmten, obwohl der Apparat an derselben Stelle geblieben war und keine Veränderung erlitten hatte. Diese Verschiedenheiten entsprangen ver-muthlich aus Temperatur-Veränderungen bei den Prismen und anderen Theilen des Apparates. Diese Fehlerquelle konnte nicht durch eine am Nullpunkt der Messung ange-brachte Berichtigung entfernt werden, da die beobachteten

Widersprüche meistens einer unregelmässigen Verkürzung und Verlängerung des ganzen Spectrum entsprachen.

Die hauptsächlichsten Luftlinien wurden zu einer Zeit gemessen, während welcher man hinreichende Beweise besafs, dafs der Werth der Messungen sich nicht merklich geändert hatte; diese Zahlen sind als Anhaltspunkte für die Scale der Messungen beibehalten. Die Linien der Metallspectra sind auf die nächste feste Luftlinie bezogen, so dafs nur ein verhältnismässig kleiner Zwischenraum durch Temperaturdifferenzen afficirt werden konnte. Bei der angenommenen Maassscale ist, glaube ich, der Effect derjenigen Temperatur-Veränderungen, denen der Apparat ausgesetzt seyn konnte, auf diese Intervalle von keiner merklichen Gröfse. Für den helleren Theil des Spectrums überstieg die Breite des Schlitzes selten $\frac{1}{400}$ Zoll; wenn diese Breite wegen geringerer Helligkeit nach den Enden des Spectrums hin vergrößert werden mußte, wurde die Messung der nächsten in dem zusammengesetzten Spectrum sichtbaren Luftlinie wiederholt und die Orte der beobachteten Metalllinien wurden auf diese bekannte Linie bezogen.

Durch diese Methode des häufigen Zurückführens auf die hauptsächlichsten Luftlinien sind die Messungen nicht merklich afficirt durch die Fehler, welche entspringen konnten aus der Verschiebung der Linien in absoluter Lage, vermöge Veränderungen entweder in der Breite des Schlitzes oder in dem Ort oder der Richtung der Entladung vor dem Schlitz oder in dem Apparat durch Temperaturveränderungen, Verbiegung oder andere Ursachen.

Gewöhnlich waren die Elektroden ungefähr 0,7 Zoll vom Schlitz entfernt, manchmal indess etwas weniger. Wenn sie so nahe sind, laden die Funken das Spectroskop durch Induction; allein der Uebelstand, dafs Funken aus dem Ocularstück zum Beobachter überspringen, kann verhindert werden, wenn man die Hand auf den Apparat legt, oder diesen mit dem Erdboden in metallische Verbindung setzt.

Das Vergleichungsspectrum wurde aufgefangen durch Reflexion von einem Prisma, welches in üblicher Weise

vor der einen Hälfte des Schlitzes angebracht war. Da das Spectrum der Entladung zwischen Platinspitzen, wenn sie einander nicht zu nahe sind, mit Ausnahme zweier oder dreier leicht erkennbarer Linien, ein reines Luftspectrum ist, so wurde dieses gewöhnlich als bequemes Vergleichsspectrum benutzt, um in dem zusammengesetzten Spectrum diejenigen Linien zu erkennen, welche von dem als Elektroden angewandten besonderen Metall herstammten. Die Messungen aller dieser Linien, mit Einschluss derjenigen des Luftspectrums selbst, wurden indess stets von dem direct in das Instrument gelangenden Licht genommen und in keinem Fall ward die Lage einer Linie durch Messungen derselben in dem Spectrum des durch das Prisma in den Schlitz reflectirten Lichts erhalten.

Alle Linien wurden mehr als einmal gemessen, und wenn sich in verschiedenen Reihen eine Abweichung zeigte, wurden die Messungen wiederholt. Die Spectra der meisten Metalle wurden zu verschiedenen Zeiten wieder gemessen. Zur Feststellung der Sonnenlinien gegen die des normalen Luftspectrums wurden die Messungen bei verschiedenen Gelegenheiten im Laufe der Versuche wiederholt. Die Linie *G* in der Sonnentafel ist eine so von Kirchhoff bezeichnete ¹⁾. Wenn sich keine Veränderung an dem Instrument entdecken liefs, waren die Messungen sehr übereinstimmend, meistens identisch. Die von kleinen Veränderungen des Instrumentes selbst herrührenden Abweichungen waren niemals gröfser als 5 bis 6 Messungs-Einheiten in dem ganzen Bogen von 4955 Einheiten. Da der Apparat stets an demselben Orte blieb, anscheinend frei von allen Störungen, so rühren diese Veränderungen wahrscheinlich von Temperaturwechsel her. Die zur Beseitigung dieser Abweichung angewandte Methode ist bereits beschrieben worden.

In der ganzen Erstreckung der hellen Portion des Spectrums übersteigt der wahrscheinliche Fehler bei den Mes-

1) Untersuchungen über d. Sonnenspectrum, 2. Th., Taf. III, Berlin 1863.

sungen der schmalen und wohlbegrenzten Linien, glaube ich, nicht eine Einheit der Scale.

Bei den merklich breiten und verwaschenen Streifen wurde der Kreuzpunkt der Mikrometerdrähte möglichst nahe auf die Mitte derselben eingestellt.

7. Es ist wohl bekannt, daß die Linien der verschiedenen Metalle als Ganzes, so gut wie die Linien desselben Metalls unter einander, im Charakter bedeutend verschieden sind. Die schmalen, scharf begrenzten Linien des Kobalts und Eisens z. B. contrastiren auffallend gegen die breiten und verwaschenen Linien des Antimons und Arseniks. Das Spectrum des Zinks liefert ein gutes Beispiel von den Unterschieden, die in dieser Beziehung zwischen den Linien desselben Metalls vorkommen. Im Allgemeinen gilt, daß, je weniger flüchtig ein Metall ist, desto schmaler und schärfer die Linien sind, obgleich beim Barium, Calcium und Strontium viele der Linien schmal wie ein Haar und scharf begrenzt sind.

In den Spectren mancher Metalle kommen auch gewöhnlich breite und schwache Lichtstreifen vor, die sich durch mein Instrument nicht in Linien auflösen lassen. Viele derselben sehen aus wie wahre Nebelstreifen, während andere bei sorgfältiger Untersuchung Anzeigen von wahrscheinlich zusammengesetzten Linien geben.

Diese charakteristischen Verschiedenheiten der Linien verdienen eine sorgfältigere Untersuchung als für meinen gegenwärtigen Zweck nothwendig war. Als approximative Angaben ihres Charakters sind neben den Zahlen in den Tabellen folgende Buchstaben gesetzt.

Eine Linie, scharf begrenzt an den Rändern, und schmal wenn der Schlitz schmal ist s

Ein Lichtstreif, begrenzt als Linie, aber selbst bei schmalem Schlitz mit verwaschenen Rändern . . . n

Ein Lichtnebel, nicht in Linien auflöslich h

Doppelt, zu dicht an einander für die Messung . . . d

Die comparative Intensität der Linien ist in den Tabellen durch kleine Ziffern in Stellung als Exponenten neben den

Za
die
vie
zu
mu
den
ges
nic
stär
win
An
Spe

ein
Lag
Tal
glei
mar
ein
jede
ein

Gol
Ant
sah
rein
Eise
ich
rein

A
galv
Blei
und
thod
tium

1) D
L
C

Zahlen angegeben. Ich beabsichtigte diese Schätzungen auf die ersten zehn Ziffern zu beschränken, allein es sind so viele schwache Linien sichtbar, daß die Scale durch Hinzufügung von Bruchtheilen der Einheit erweitert werden mußte. Diese Ziffern können als angenäherte Schätzungen der relativen Intensität der Linien in *jedem* Spectrum angesehen werden. Allein da die Spectra für diesen Zweck nicht mit einander verglichen wurden, und so viele Umstände auf die Helligkeitsschätzungen durch das Auge einwirken, so dürfen diese Ziffern für nichts anders als rohe Angaben der Intensitätswerthe der Linien *verschiedener* Spectra genommen werden.

In vielen Fällen kommen, wie man sieht, einige Linien eines Metalls, denen eines anderen Metalles sehr nahe in Lage, obwohl sie nicht wirklich zusammenfallen. In den Tabellen finden sich Linien von verschiedenen Metallen, die gleiche Zahlen haben; bei größerer Dispersionskraft wird man diese wohl nur als einander sehr nahe finden. Bei einigen können kleine Beobachtungsfehler vorkommen; denn jedes Spectrum mit allen übrigen zu vergleichen, würde eine sehr große Arbeit gewesen seyn.

8. Prof. W. A. Miller lieh mir gütigst Proben von Gold, Silber, Thallium, Kadmium, Blei, Zinn, Wismuth, Antimon, Arsen und Palladium. Dr. Matthiessen versah mich mit Lithium, Calcium und Strontium¹⁾, mit gereinigtem Zinn, Kadmium, Blei, Wismuth, Antimon und Eisen. Von den HH. Johnson und Matthey verschaffte ich mir Tellur, Palladium, Osmium, Rhodium, Iridium und reines Platin.

Aus den Lösungen ihrer Salze machte ich auf Platin galvanoplastische Niederschläge von Silber, Mangan, Chrom, Blei, Zinn, Kadmium, Kobalt, Wismuth, Nickel, Antimon und Eisen. Auch bereitete ich durch die Volta'sche Methode Amalgame von Natrium, Kalium, Baryum und Strontium.

1) Dr. Matthiessen benachrichtigt mich, »daß Calcium, Strontium und Lithium aus reinem Chlorid nach der Beschreibung im *Quart. Journ. Chem. Soc. Vol. VIII*, p. 107 und 143 bereitet wurden.«

9. *Das Luftspectrum.* — Die in diesem Spectrum gegebenen Linien sind bei allen Elektroden zugegen, wenn die Funken in Luft unter gewöhnlichem Druck überschlagen. Um die der Luft angehörigen Linien zu unterscheiden wurde das Spectrum zwischen Platin-Elektroden gleichzeitig beobachtet mit dem zwischen Goldspitzen. Die diesen beiden Spectren gemeinsamen Linien wurden als den Bestandtheilen der Luft angehörig gemessen. Das so erhaltene Spectrum bleibt in Bezug auf die Lage und den relativen Charakter seiner Linien unverändert dasselbe bei allen Metallen, welche angewandt wurden. *Als Ganzes* variirt jedoch das Luftspectrum bedeutend an Intensität und Deutlichkeit mit Elektroden von verschiedenen Metallen. Da die Linien von der die Elektrodenspitzen trennenden Luftschicht herrühren, so läßt sich erwarten, daß sie am stärksten und deutlichsten erscheinen werden, wenn man solche Metalle anwendet, welche weniger flüchtig sind und daher in geringerem Grade die Luft zwischen den Elektroden durch ihren eignen Dampf verdrängen. Diese Betrachtung scheint durch die Beobachtung bestätigt zu werden. Das Luftspectrum ist besonders intensiv und deutlich, wenn die Funken zwischen Spitzen von Platin, Gold, Iridium und Rhodium überschlagen, während unter allen von mir angewandten Metallen Quecksilber und Natrium vielleicht diejenigen sind, bei welchen die Intensität des Luftspectrums am geringsten ist. Bei diesen vergleichend sehr flüchtigen Metallen muß die Luft zwischen und neben den Elektroden in sehr bedeutendem Maasse durch die Metalle selbst in Dampfform ersetzt seyn. Es stimmt mit dieser hingestellten Erklärung von den Helligkeits-Unterschieden der Luftlinien bei verschiedenen Metallen, daß, wenn die Elektroden aus Quecksilber oder Natrium und einem Platindraht bestehen, das Luftspectrum schwächer ist, sobald der Strom so gerichtet wird, daß die größere Wärmewirkung der Entladung an der Quecksilber- oder Natrium-Elektrode stattfindet, und daß es wahrnehmbar stärker wird, sowie man den Strom umkehrt. Uebrigens ist bekannt, daß, inner-

halb gewisser Gränzen das Luftspectrum durch größere Trennung der Elektroden intensiver wird.

Die folgenden Versuche wurden gemacht, um die Linien dieses zusammengesetzten Spectrums zu beziehen auf die Bestandtheile der gemeinen Luft, welchen sie respective angehören:

a. Wasserstoff. — Die starke Linie des Luftspectrums bei 589,5 fällt zusammen mit Fraunhofer's *C* und mit der rothen Wasserstofflinie.

Läßt man den Funken in Luft überschlagen, welche über Schwefelsäure gegangen ist, so wird diese Linie sehr schwach. Bei Anwendung einer größeren Fläche von Säure wurde sie so vollständig verwischt, daß keine Spur mehr von ihr entdeckt werden konnte. Als darauf der Luft Wasserdampf beigemischt ward, war diese Linie viel heller und es erschienen auch die andern Linien des Wasserstoffs.

Die Gegenwart und comparative Helligkeit dieser Linie bildet daher eine empfindliche Probe auf Wasserdampf.

b. Kohlensäure. — Es wurde Luft, die durch Aetzkalklange geleitet worden, untersucht, aber ihr Spectrum zeigte sich nicht verschieden von dem der gewöhnlichen Luft. Als der Luft Kohlensäure zugesetzt ward, erschienen verschiedene hervorragende Linien. Diese rühren von Kohlenstoff her, da sie mit den Linien des Graphitspectrums zusammenfallen. Eine der stärksten und charakteristischen dieser Linien, die eine Probe für Kohlensäure abgibt, ist eine rothe, eine etwas weniger brechbare als die Wasserstofflinie. Ihre Zahl ist 580,5.

[Obgleich eine gute Anzeige von Sauerstoff- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs, darf die Abwesenheit dieser Linie doch nicht immer als Beweis angesehen werden, daß kein Kohlenstoff gegenwärtig sey. Denn ich habe neuerlich gefunden, daß wenn Kohle in Gegenwart von Wasserstoff dem Inductionsfunken ausgesetzt wird, diese Linie in dem Roth nicht sichtbar ist. Fernere Details von diesen Versuchen werden bei Beschreibung des Kohlenstoffsspectrum gegeben werden. — 1864 Febr. 7.]

c. *Stickstoff*. — In dem Spectrum des elektrischen Funkens, wenn man ihn in einem Strom von reinem Stickstoff überschlagen läßt, fehlen ein Paar Linien der gemeinen Luft, aber es erscheinen keine neuen. Die Linien des Luftspectrums, welche im Stickstoff verbleiben, behalten unverändert ihre relative Helligkeit und ihre unterscheidende Kennzeichen. In den Tabellen sind diese Linien mit dem Buchstaben *N* bezeichnet.

Der Stickstoff wurde bereitet, in dem man Luft, die durch Kali von Kohlensäure befreit worden, über rothglühendes fein zertheiltes Kupfer leitete, das zuvor aus dem Oxyd durch Wasserstoff reducirt war. Das Stickgas wurde darauf durch Schwefelsäure getrocknet. Die Abwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit in dem Stickgase ergab sich durch die gänzliche Auslöschung aller Linien, welche nicht ihre gewöhnliche Helligkeit behielten, und durch die Abwesenheit jeder Spur der starken Wasserstofflinie. Hierauf wurde eine frische Portion Stickstoff auf dieselbe Weise bereitet, und ein Theil davon unter gewöhnlichem Druck in eine zweckmäßsig geformte und mit Platin-Elektroden versehene Glasröhre eingeschlossen. Diese Röhre gab dieselben Resultate, welche in dem Strom von Stickgas erhalten wurden.

d. *Sauerstoff*. — Als das Stickgas durch einen Strom von Sauerstoff aus chloresurem Kali ersetzt ward, verschwanden die zahlreichen Linien des Stickgasspectrums, und diejenigen, welche durch das Stickgas ausgelöscht worden, erschienen wiederum mit größerer Intensität, als sie beim Uebergang des Funkens in Luft besaßen. Sie sind in den Tabellen mit dem Buchstab *O* bezeichnet.

Keine neue Linien traten dem Spectrum hinzu, aber es ergab sich ein unerwartetes Resultat. Zwei, vielleicht drei, der im Stickgase sichtbaren Linien verblieben auch im Sauerstoff. Die bemerkenswertheste derselben ist die Doppelinie 2642. Diese ist im Luftspectrum nicht ganz so stark wie die nächste Linie von größerer Brechbarkeit. Diese hellere Linie erlosch im Sauerstoff, während gleich-

zeitig die Doppellinie vollkommen eben so glänzend blieb wie in Luft, wenn nicht gar noch etwas intensiver. Dieses Resultat konnte also nicht herrühren von einem Rückstand an Sauerstoff im Stickstoff oder von einem an Stickstoff im Sauerstoff. Die andere Linie, welche sich ähnlich im Sauerstoff und Stickstoff verhielt, ist die nebelige im Roth, 807. Die Linie, welche in den Tafeln bei 3456 mit den Symbolen des Stickstoffs und Sauerstoffs bezeichnet ist, ist im Luftspectrum eine doppelte. Die schmale scharfe Linie des Stickstoffs liegt auf der breiteren nebeligen des Sauerstoffs. Es wurden nun Sauerstoff und Stickstoff aus anderen Quellen untersucht. Der Stickstoff wurde aus einem Gemisch von salpetrigsaurem Kali und Chlorammonium bereitet, der Sauerstoff aus Manganhyperoxyd und Schwefelsäure, oder aus doppeltchromsaurem Kali und Schwefelsäure, oder aus Quecksilberoxyd. Die so dargestellten Gase wirkten auf das Spectrum identisch wie die vorhin untersuchten. Für jetzt habe ich diese Untersuchung nicht weiter verfolgt.

[Ich habe die Linien, welche scheinbar dem Sauerstoff und Stickstoff gemeinsam sind, abermals sorgfältig untersucht. Ich betrachte sie jetzt als herrührend von der Superstition von Sauerstoff und Stickstoff im Luftspectrum. Betrachtet man die merkwürdigste derselben, die Doppellinie 2642 mit dem Ocularstück von 35maliger Vergrößerung genau, so scheint sie in geringem Grade brechbarer zu werden, wenn die Luft durch Sauerstoff ersetzt wird. Da die Sauerstofflinien des Luftspectrums glänzender werden im Sauerstoff, so erklärt sich die Erscheinung vielleicht durch die Annahme, daß ein Paar ungleich heller Sauerstofflinien einem ähnlichen Paare Stickstofflinien sehr nahe liegt, aber etwas brechbarer als dieses ist.]

In Luft würden diese vier Linien eine schlecht begrenzte Doppellinie bilden, während im Sauerstoff die Sauerstofflinien an Glanz zunehmen und die Stickstofflinien erlöschen, so daß ein ähnliches Paar wie das in Luft gesehene übrig blieb, aber nun etwas brechbarer, wegen des Ver-

lustes der weniger brechbaren Stickstofflinie und der gröfseren Helligkeit der schwachen und mehr brechbaren Sauerstofflinien. Diese Erklärung entspricht genau den Veränderungen im Ansehen und in der Lage der Doppellinie. Die Beobachtungen sind mehrmals wiederholt worden mit Sauerstoff aus chlorsaurem Kali und mit Sauerstoff aus doppelt chromsaurem Kali und Schwefelsäure. Die Veränderung in der Lage, wie sie bezüglich der correspondirenden Luftlinie im Vergleichungsspectrum beobachtet wurde, war nicht sicher. Das feste Mikrometerkreuz wurde mit der nächsten weniger brechbaren Sauerstofflinie 2626 in Coincidenz gebracht und dann das bewegliche Kreuz auf die Mitte der helleren des Paares 2642 eingestellt. Als man nun durch die Glasröhre mit den eingeschmolzenen Platin-Elektroden einen Strom von reinem Sauerstoff gehen liefs, zeigte sich, dafs die Doppellinie sich von dem Kreuzpunkt der Drähte nach dem brechbareren Ende des Spectrums hin bewegte. Um das Kreuz in eine ähnliche Lage wie die frühere, d. h. nahe auf die hellere des Linienpaares zurückzuführen, mufste die Schraube um eine Gröfse gedreht werden, die etwas mehr als zwei Einheiten der Scale entsprach. Diese Messung ist gröfser als die *scheinbare* Veränderung der Lage hatte vermuthen lassen, denn im Sauerstoff sind die Linien etwas breiter und verwaschener. Der Abstand zwischen den Bestandtheilen der Doppellinie ist im Sauerstoff gröfser. Die Veränderungen in der Lage und dem Charakter sind viel besser zu sehen, wenn man die Spectra des Sauerstoffs und des Stickstoffs gleichzeitig betrachtet.

Eine ähnliche Erklärung ist von dem Nebelstreif im Roth bei 807 zu geben. Im Sauerstoff ist die Lage der gröfsten Helligkeit brechbarer als in Luft und im Stickstoff, obwohl der Streifen selbst nicht über die brechbarere Gränze des entsprechenden Streifens in der Luft hinausrückt. Die Linie bei 629,5 ist eine reine Stickstofflinie und verschwindet vollständig im Sauerstoff, allein dann erscheint in geringem Abstände davon, bei 638 etwa, eine nebelige Linie. Von

dieser kann im Luftspectrum nur eine Spur wahrgenommen werden. — Febr. 1864].

10. *Natrium*. — Als der Funke zwischen Natrium-Elektroden überschlug, erschienen im Spectrum, aufser der wohlbekannten Doppellinie, drei andere Linienpaare und ein nebliger Streif. Die beiden hervorstechenderen derselben liegen nicht weit von Luftlinien, und können bei einem Instrument von unzureichender Dispersivkraft leicht mit ihnen verwechselt werden. Da diese Linien von Unreinigkeiten in dem angewandten käuflichen Natrium herrühren konnten, so bereitete ich Natrium-Amalgam, indem ich Quecksilber zur negativen Elektrode in einer Lösung von reinem Chlornatrium machte. Das Quecksilber war untersucht worden und sein Spectrum war bekannt. Als man den Funken zwischen diesem Amalgam und einem Platindraht überschlagen liefs, waren dieselben Linien sichtbar, mit ihren Eigenthümlichkeiten in relativer Lage und Intensität. Hierauf wurde Baumwolle, befeuchtet mit einer Lösung von Chlornatrium oder salpetersaurem Natron, als die eine Elektrode angewandt, während die andere ein Platindraht war. Mit beiden Salzen wurden die Paare bei 820 und 1170 genügend beobachtet, obgleich mit einiger Schwierigkeit und nur bei bisweiligem Aufleuchten (*by occasional glimpses*).

Hierauf verglich ich das Natriumspectrum direct mit dem der Sonne. Die feinen Linien im Sonnenspectrum sind so zahlreich, und sich ihrer absoluten Coincidenz zu versichern ist so schwierig, dafs ich anstehe mehr zu sagen als dafs die Linienpaare 818 und 821 in ihrer Lage übereinzustimmen scheinen mit Kirchhoff's Linien 864,4 und 867,1; und dafs von den Linien 1169 und 1174 die eine, wie es scheint, zusammenfällt, mit einer im Sonnenspectrum scharf zusehenden, aber in Kirchhoff's Karte nicht angegebenen Linie, die etwa bei 1150,2 seiner Scale liegen würde, während die andere mit Kirchhoff's Linie 1154,2 coïncidirt. Das andere Paar und der neblige Streif sind zu schwach, um genügend mit Sonnenlinien verglichen zu werden.

11. *Kalium*. — Wird käufliches Kalium als eine Elek-

trode angewandt, so sieht man, aufser dem Paar nahe bei A des Sonnenspectrums, etwa 16 Linien. Vier ganz verschiedene Proben von Kalium gaben identische Resultate; bei allen waren dieselben Linien sichtbar und keine andere. Hierauf bereitete ich mittelst Elektrizität ein Kaliumamalgam; allein mit Ausnahme der zuweilen sichtbaren Linie 840, waren keine andere wahrzunehmen. Da die Linien des Kaliums schwächer sind als die des Natriums, so kann dieses negative Resultat nichts entscheiden, weil das Quecksilberspectrum durch seine grofse Intensität die schwächeren Linien des Kaliums überwältigen kann, besonders wenn dieses nur in geringer Menge und nicht in concentrirter Metallform zugegen ist. Hierauf wurde die eine Elektrode mit Baumwolle, getränkt mit concentrirter Chlorkaliumlösung, umgeben, und hierauf mit Baumwolle, welche Aetzkalilauge enthielt. Mit beiden, mit letzterer vielleicht etwas leichter, wurden die Linien 840, 1049, 1065 und 1073 bisweilen und schwach wahrgenommen.

[Diese grofse Abnahme in Helligkeit und Anzahl der Linien, wenn statt des metallischen Kaliums Lösungen seiner Salze genommen werden, mag davon herrühren, dafs letztere sich unter ungünstigen Bedingungen für die Erzeugung von Kaliumdämpfen befinden. Das grofse Volum der Gase, welche bei der Zersetzung des Wassers gebildet werden, mufs das verhältnismäfsig kleine Volum der Dämpfe des die Basis des Salzes bildenden Elementes zerstreuen und verdünnen, und ebenso mufs die grofse Ausdehnung der Bestandtheile des Wassers in den gasigen Zustand die Temperatur des mit ihnen gemischten Kaliumdampfes verringern. Die Salze müfsten wasserfrei und in einem Zustand, in welchem sie den Strom leiten, der Entladung ausgesetzt werden. Sind sie trocken oder auf den Drähten geschmolzen, so werden sie abgerissen und zersprengt.

Es wurde ein Platindraht an einem Ende zu einem napfförmigen Gefäfschen aufgerollt, darin Chlorkalium gethan und geschmolzen. Dieser Draht mit der Perle von Chlorkalium wurde über einem zweiten Platindraht angebracht, der die

andere Elektrode bildete. Dann wurde eine Weingeistlampe unter die Drähte gestellt, und sobald die Perle geschmolzen war, die Lampe weggezogen und die Kette so gleich geschlossen. Während der wenigen Sekunden, daß das Chlorid geschmolzen blieb, waren viele der Linien des metallischen Kaliums sichtbar. Von den Linien 1328 und 840 ist die Beobachtung weniger sicher, und von 763 und 727 sehr zweifelhaft.

Zinnchlorür ebenso angewandt, giebt ein brillantes Zinnspectrum. — Febr. 1864].

12. *Calcium*. — Das Spectrum wurde mittelst Elektroden von Calciummetall erhalten, das mir Dr. Matthiessen geliefert hatte. Die Farbe des Funkens, gesehen mit dem Auge, ist glänzend purpurroth. Der Contrast zwischen diesem und dem intensiv grünen Licht des Thalliums ist außerordentlich schön. Zwei oder drei nebelige Streifen in dem Roth geben Anzeigen von Zerlegbarkeit. Von 1297 bis 1375 ist auch ein diffuses grünes Licht vorhanden. Die Linie 1506 ist ein wenig brechbarer als die starke Thalliumlinie. Die starke Linie 1260 liegt einer Zinnlinie sehr nahe, allein der Contrast zwischen der scharfen Calciumlinie und der verwaschenen Zinnlinie ist sehr hervorstechend. Nahe am äußersten brechbaren Ende des Spectrums sieht man ein Paar starke Linien, die mit denen von Fraunhofer's *H* zusammenfallen mögen. Das angewandte Calcium zeigte auch Magnesiumlinien; dieselben wurden aber fortgelassen, da es sich durch eine chemische Analyse dieses Calciums ergab, daß es Magnesium enthielt.

13. *Baryum*. — Da ich kein Baryummetall erhalten konnte, so bereitete ich mir Baryumamalgam durch Elektrolyse von Chlorbaryum. Das Quecksilber war eine Portion desselben, welches zu den anderen Versuchen gedient hatte, und war im Spectroskop untersucht worden. Das Spectrum ist von großer Schönheit, und die Linien sind meistens scharf, schmal und intensiv. Eine sehr starke Linie befindet sich in dem Indigo, nahe einer Platinlinie; die letztere lieferten auch meine Stücke von Iridium und Rhodium.

Die nächste Linie in größerer Brechbarkeit scheint in ihrer Lage sehr nahe mit einer Zinnlinie übereinzustimmen.

14. *Strontium*. — Das angewandte Strontiummetall war vom Dr. Matthiessen dargestellt worden. Sein Spectrum ist ungemein glänzend, zeigt viele schmale und intensive Linien. Es ist merkwürdig durch verschiedene neblige Säulen im Roth und Orange, welche Andeutungen von dem Vorhandenseyn zahlreicher feiner Linien darbieten.

Dieses Strontiummetall enthielt Calcium, dessen Linien fortgeschafft wurden. Mit einem Strontium-Amalgam bestätigten sich alle Hauptlinien des Spectrums vom Metall, nur waren, wie zu erwarten stand, viele der feineren Linien im Spectrum des Amalgams nicht erkennbar.

15. *Mangan*. — Die Linien wurden erhalten mittelst eines elektrolytischen Niederschlags von Mangan aus einer Lösung von Chlormangan. Beim Vergleiche dieses Spectrums mit dem eines Mangans, welches, wie ich erfuhr, durch Holzkohle reducirt worden, wurden alle Linien des elektrolytischen Mangans wieder gesehen, aber überdies viele Linien des Eisenspectrums. Die charakteristischsten Gruppen sind eine dreifache Linie von 909 bis 915,5, die fünf Linien 2267 bis 2401; und die dichte Gruppe von 3097 bis 3133.

Es finden sich zwei merkwürdige neblige Streifen, der eine bei 840, der andere bei 1565, von denen der erste muthmaßlich doppelt ist. Da wegen Sprödigkeit des elektrolytischen Mangans, Theilchen desselben durch den Funken abgerissen werden, so sind die Linien wandelbar. Das mag der Grund seyn, weshalb einige der feineren Linien nicht beobachtet wurden.

16. *Thallium*. — Das angewandte Thallium ward mir vom Prof. W. A. Miller geliehen, der es als reines Thallium von Hrn. Crookes erhalten hatte. Mit Ausnahme einiger schwachen Linien, einer etwas starken in dem Roth und einer deutlichen Linie nahe dem brechbarsten Ende, stimmte das Spectrum mit der vom Prof. Miller in seiner Notiz über das Thallium ¹⁾ gegebenen Beschreibung überein.

1) *Proceedings of the Roy. Soc., Jan. 1863, Vol. XII, p. 407.*

17. *Silber*. — Das Spectrum ist das des elektrotypen Silbers, erhalten aus reinem salpetersaurem Silberoxyd in Cyankalium.

18. *Tellur*. — Diefs Metall wurde mir von den HH. Johnson und Matthey als rein geliefert. Sein Spectrum enthält viele und charakteristische Linien. Die starke Linie im Roth liegt der starken Linie des Kadmiums sehr nahe, doch ist letztere in geringem Grade weniger brechbar.

19. *Zinn*. — Das Spectrum wurde mit gereinigtem Zinn erhalten und mit elektrotypem Zinn bestätigt. Eine, nicht im Spectrum des letzteren beobachtete Linie wurde fortgelassen.

20. *Eisen*. — Es wurde elektrotypes Eisen angewandt. Sein Spectrum stimmte genau mit dem eines Stücks, welches ich von Dr. Matthiessen als sehr nahe, wenn nicht ganz reines Eisen erhalten hatte.

21. *Kadmium*. — Das Spectrum von gereinigtem Kadmium wurde bestätigt durch Vergleich mit dem von elektrotypem Kadmium.

22. *Antimon*. — Die vielen und starken Linien dieses Spectrums, zu welchem elektrotypes Antimon diente, haben meistens verwaschene Gränzen.

23. *Gold*. — Das Stück, dessen Spectrum gegeben ist, erhielt ich vom Prof. Miller. Es ward von ihm aus reinem Chlorid reducirt und unter doppelt schwefelsaurem Kali geschmolzen.

24. *Wismuth*. — Aus salpetersaurem Wismuthoxyd elektrolytisch niedergeschlagen.

25. *Quecksilber*. — Käufliches reines Quecksilber wurde mit Salpetersäure gewaschen und dann destillirt. Eine Portion desselben ward in ein aus einer Glasröhre gebildetes Näpfchen gebracht, in welches ein Platindraht eingeschmolzen war. Die andere Elektrode war ein Platindraht.

26. *Kobalt*. — Das angewandte Kobalt war elektrotypes aus dem Chlorid. Die Linien sind zahlreich, scharf und schmal, und haben in ihrer Gruppierung viele Aehnlichkeit mit dem Spectrum des Eisens.

27. *Arsen.* — Von einem Stück sorgfältig resublimirten Arsens, vom Prof. Miller erhalten. Die starke Linie 1814 ist sehr nahe, doch nicht ganz so brechbar wie eine der starken Kupferlinien. Die starke Linie 812 im Roth liegt nahe beim nebligen Streifen des Luftspectrums.

28. *Blei.* — Durch Elektrolyse aus salpetersaurem Bleioxyd erhalten.

29. *Zink.* — Das angewandte Zink war elektrotypes. Das Spectrum ist merkwürdig wegen des starken Contrastes zwischen den verwaschenen Linien und anderen scharf begrenzten in ihrer Nähe.

30. *Chrom.* — Dasselbe war elektrotypes. Merkwürdig ist der dreifache neblige Streif von 1081 bis 1090. Die Liniengruppen im Blau und Indigo, welche meistens zwischen Luftlinien fallen, sind sehr schön und charakteristisch für dieses Metall.

31. *Osmium.* — Als rein von HH. Johnson und Matthey erhalten. Iridium und Rhodium wurden ebenfalls gemessen, allein, da sie Linien gemeinsam haben, ihre Spectra fortgelassen.

32. *Palladium.* — Ein noch von Wollaston dargestelltes Stückchen wurde gleichzeitig mit einem als rein von HH. Johnson und Matthey erhaltenen Palladium verglichen. Das letztere zeigte etliche Linien, welche beim Wollaston'schen Stück fehlten. Nur die beiden Stücken gemeinsamen Linien wurden gemessen und in den Tafeln abgebildet. Neblige, wahrscheinlich zerlegbare Streifen sind sichtbar bei 1000, und von 1219 bis 1233.

33. *Platin.* — Die Platinlinien sind nicht leicht zu beobachten, da mehre von ihnen schwächer sind als die Luftlinien, in deren Nähe sie erscheinen. Die Platinspitzen mußten einander sehr nahe gebracht werden. Zum abgebildeten Spectrum dienten Elektroden von Platindraht, der von HH. Johnson und Matthey als »reines« Platin besonders dargestellt war. Bei 913 und 939 sind zwei Streifen feiner Linien.

34. Das Spectrum von *Lithium* wurde an Elektroden

von metallischem Lithium beobachtet. Ausser den drei schon bekannten starken Linien wurde nur eine von mässiger Intensität gesehen. Ihre Zahlen sind $521,5^{\circ}$, 856° , 2013° , 2732° .

35. Es wurden noch verschiedene andere Spectra gemessen oder sollen es noch werden; allein ich habe sie zurückgelegt, bis die übrigen Metalle und Elemente thunlichst untersucht worden sind.

(Der Schluss, welcher die Zahlenangaben über die auf Taf. III und IV abgebildeten Spectra enthält, folgt im nächsten Heft.)

VI. Ueber das Sieden des Wassers und über eine wahrscheinliche Ursache des Explodirens der Dampfkessel; von Hrn. L. Dufour.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *Arch. de la Bibl. univ.*)

Das insgemein angenommene Gesetz zwischen dem Siedpunkt einer Flüssigkeit und dem auf ihr lastenden Druck stösst bekanntlich auf sehr viele Ausnahmen. Schon Gay-Lussac hat bemerkt, dass das Sieden von Wasser und andern Flüssigkeiten in Glasgefässen eine Verzögerung erleidet¹). Später sind über diesen Gegenstand die wohl bekannten Arbeiten der HH. Marcet²), Donny³), Magnus⁴), u. A. veröffentlicht worden. Neuerlich hat Hr. Grove Versuche über das Sieden eines mehr oder weniger von Luft befreiten Wassers beschrieben, und bemerkt dabei, dass noch Niemand vollkommen reines Wasser sieden gesehen habe⁵). Ich selbst machte vor drei Jahren

1) *Ann. de chim.* (1812) T. LXXXII, p. 174.

2) *Bibl. univ.* (1842) T. XXXVIII p. 388.

3) *Ann. de chim. et de phys. Sér. III, T. XVI, p. 167.*

4) *Pogg. Ann.* Bd. CXIV, S. 481.

5) *Cosmos*, 1863, p. 698.

Beobachtungen bekannt über das Erhitzen von Wasser und anderen Flüssigkeiten inmitten einer Flüssigkeit von gleicher Dichte und folglich außer Berührung mit festen Wänden von Gefäßen¹⁾. In diesem Fall zeigten die Flüssigkeiten gewöhnlich bedeutende Verzögerungen des Siedens; Wasser konnte auf 170° C., Chloroform auf 100° C. gebracht werden. Bei Besprechung dieser Thatsachen behauptete ich, daß das Dalton'sche Gesetz, wie es gewöhnlich aufgestellt wird, offenbar unrichtig sey, und erkannte, daß die Temperatur, welche dem Dampfe einer Flüssigkeit eine dem äußeren Drucke gleiche Spannung giebt, diejenige ist, bei welcher das Sieden *anfangen* kann, gewissermaßen die *Minimum*-Temperatur der Zustandsveränderung. Was das Sieden von dieser Temperatur ab *möglich* macht, so hängt dies vor allem von den Bedingungen des Contactes ab, welchen die Flüssigkeit erleidet, namentlich von seinem Contact mit starren und gasigen Körpern. Ich wurde auch darauf geführt, die Hypothese für sehr wenig wahrscheinlich zu halten, daß die bisher beobachteten Verzögerungen des Siedens einer *Adhäsion* der Flüssigkeiten zu den Wänden der Gefäße zuzuschreiben seyen.

Bei den meisten der über diesen Gegenstand angestellten Versuche hat man unter normalem Druck der Atmosphäre gearbeitet und die Temperatur der Flüssigkeit verändert. Allein unter dem Gesichtspunkt des Studiums des Dalton'schen Gesetzes ist es offenbar von gleicher Wichtigkeit, das Sieden auf eine andere Weise hervorzubringen und den *Druck* zu verändern. Erhitzt man die Flüssigkeit, so erzeugt man unvermeidlich Ströme in ihrer Masse, setzt starre Staubtheilchen, die stets darin schweben, in Bewegung, und diese ganz mechanischen Umstände sind für die Umwandlung in Dampf keineswegs gleichgültig. Durch die Verringerung des Drucks, nachdem die Temperatur auf einen bestimmten Punkt gebracht worden, kann man dagegen die Flüssigkeit in einer vollkommenen Unbeweglichkeit erhalten.

1) Arch. de la Bibl. univ. (1861) T. XII, p. 210.

Einige unter diesen Umständen ausgeführte Versuche sind es, welche die Grundlage der gegenwärtigen Abhandlung bilden. Die beobachteten Thatsachen, haben mich dahin geführt, eine Hypothese über die wahrscheinliche Ursache wenigstens einiger Dampfkessel-Explosionen aufzustellen, die weiterhin entwickelt werden wird.

Das Sieden durch Verringerung des Drucks ist übrigens eine sehr bekannte Thatsache. Die nachstehenden Versuche thun also nichts, als dafs sie, mit einigen Abänderungen und einigen Vorsichtsmafsregeln, den bekannten Vorlesungsversuch wiederholen, bei welchem Wasser, welches unterhalb 100° C. erkaltet ist, unter der Glocke der Luftpumpe ins Sieden geräth.

I.

1. Der angewandte Apparat war folgender:

Das zur Aufnahme des Wassers bestimmte Gefäfs war eine gewöhnliche Tubulatretorte, ungefähr 120 Kubikcentim. fassend. Die Tubulatur war verschlossen durch einen Pfropfen, den ein Thermometer durchsetzte, dessen Behälter, von kleinen Dimensionen (12^{mm} Länge, 5^{mm} Durchmesser) in die Flüssigkeit tauchte. Ein Kitt auf dem Pfropfen machte den hermetischen Verschluss. An den Hals der Retorte war eine Röhre angesetzt, die in einem Blechgefäfs A von etwa anderthalb Liter Rauminhalt mündete. Diefs Gefäfs war durch zwei andere Röhren verknüpft mit einer Luftpumpe und einem Manometer. Das Manometer bestand aus einer vertical gestellten Glasröhre, die mit einer in Millimeter getheilten Scale versehen war und unten in einen Napf mit Quecksilber tauchte. Jede der drei Röhren, welche die Retorte, die Pumpe und das Manometer mit einander verbanden, war mit einem Hahn versehen. Man konnte somit jeden dieser Theile von dem Rest des Apparates absondern. Das Gefäfs A tauchte gewöhnlich in einen grofsen Behälter mit kaltem Wasser, um die Dämpfe zu verdichten.

Vorläufige Versuche, deren Einzelheiten hier anzugeben überflüssig ist, hatten zum Zweck, die Höhe des Null-

punkts vom Manometer über dem Niveau des Quecksilbers, so wie die wegen Abnahme des Quecksilbers in dem Napf und wegen Capillarität der Röhre erforderliche Berichtigung zu bestimmen. Den Druck im Innern des Apparats erhielt man offenbar für jeden Augenblick, indem man die Quecksilberhöhe des Manometers von dem äusseren Drucke abzog. In den folgenden numerischen Tafeln ist dieser Druck immer auf 0° zurückgeführt. Den äusseren Druck gab ein Fortin'sches Barometer, das in einem Zimmer neben dem Laboratorium hing.

Die Scale des angewandten Thermometers war in halbe Grade getheilt. Der Grad hatte eine Länge von 2^m,3; man konnte also ziemlich leicht die Zehntel nach Augenmaafs schätzen. Vorläufige Versuche hatten die Gleichung dieses Instrumentes kennen gelehrt.

2. Nach der Beschreibung des Apparats ist es leicht sich den Gang der Versuche vorzustellen.

Das Wasser wurde mittelst eines Oelbades erhitzt. Während der Erhitzung waren alle Hähne offen und der innere Druck war dem äussern gleich. Als das Wasser 100° oder beinahe erreicht hatte, wurde das Oelbad entfernt und die ganze Flüssigkeit dem Erkalten überlassen. Indem man nun die Communication mit dem Aeußern unterbrach und die Pumpe in Bewegung setzte, verringerte man den inneren Druck. Auf diese Weise war es möglich, die Bedingungen des Siedens für Temperaturen unterhalb 100° herzustellen und zugleich, durch gleichzeitige Beobachtungen des Thermometers und Manometers, das Dalton'sche Gesetz für sehr verschiedene Punkte der Thermometerscale zu verificiren.

Man könnte vielleicht fragen, vor Allem in Betracht der weiterhin angegebenen Resultate, ob das Thermometer in jedem Augenblick die wahre Temperatur der Flüssigkeit anzeigte, weil man während des Erkaltes der wässerigen Masse ablas. Diese Erkaltung geschah ohne Zweifel langsam; aber man könnte doch vielleicht fürchten, dafs das

Wasser dem Thermometer immer etwas voraus war. Folgende zwei Versuche sind bestimmt, diesen Punkt aufzuhehlen.

Ein Thermometer taucht in das Wasser einer Retorte, welche der des oben beschriebenen Apparats ähnlich ist. Man erhitzt bis 100° und läßt darauf erkalten. Wenn die Temperatur auf 80° gekommen ist, taucht man ein zweites, zuvor bis ungefähr 70° erhitztes Thermometer ein. Dieses zweite Instrument steigt sogleich; es steigt auf 78° und erreicht 79° gleichzeitig wie das erste in seinem absteigenden Gang ebenfalls auf 79° gelangt. — Bei einem zweiten Versuch erreicht das erkaltende Wasser 60° . In diesem Augenblick taucht man ein zweites, zuvor auf 55° erhitztes Thermometer hinein. Es steigt ein wenig, erreicht 59 , selbst $59,4$, zugleich wie das ursprünglich in das Wasser getauchte diese Flüssigkeit in ihrer Erkaltung begleitet.

Mithin kann man wohl annehmen, daß die Temperatur, welche das während der Erkaltung in die Retorte tauchende Thermometer angab, die wahre Temperatur des Wassers selbst gewesen sey.

3. *Versuche mit destillirtem Wasser.* — Die Retorte war zuvor mit Schwefelsäure ausgespült und darauf, zur gänzlichen Entfernung der Säure, mit Wasser gewaschen worden. Dann wurde sie mit destillirtem Wasser gefüllt. Man erhitze es zunächst unter gewöhnlichem Luftdruck bis zum Sieden, und unterhielt dasselbe einige Minuten. Während des Erkaltens verminderte man hierauf in einem gegebenen Augenblick den Druck, bis das Sieden wieder eintrat. Nach diesem ersten Resultat wurde dasselbe Wasser abermals unter normalem Luftdruck bis 100° erhitzt und während der zweiten Erkaltung rief man durch Verringerung des Drucks ein neues Sieden hervor. Dieselbe Flüssigkeit wurde wiederum auf 100° gebracht und während seiner dritten Erkaltung ebenso studirt, und so fort. Dasselbe Wasser diente also im Allgemeinen zu Versuchen nach einer ersten, zweiten, dritten Erhitzung bis zum Sieden.

Hiebei ergaben sich folgende Hauptresultate.

Wenn nach einer ersten Erhitzung, *welche nicht das Sieden erreicht hatte*, das Wasser bis zu einer Temperatur t erkaltete, und man verringerte dann den Druck so weit, dafs er gleich war der Spannkraft des Dampfes für die Temperatur t , so erfolgte das Sieden immer genau an dem von dem Gesetz verlangten Punkt oder nur um einige Zehntelgrade später.

Hatte dagegen das Wasser einige Minuten gesiedet, ehe es erkaltete und der Druckverringering ausgesetzt worden, so begann es entweder zu sieden im Moment, da die Spannkraft des Dampfes dem Druck gleich war, oder es blieb trotz des geringeren Drucks flüssig und zeigte dabei einen mehr oder weniger beträchtlichen Verzug.

War das Wasser drei, vier, fünf u. s. w. Mal bis zum Sieden erhitzt, und, während seiner Erkaltung, der Druckverringering ausgesetzt worden, so wurden die Verzögerungen viel häufiger, *sie waren Regel und nicht mehr Ausnahme*. Ueberdies wurden diese Verzögerungen sehr bedeutend und viel beträchtlicher als die bisher beobachteten bei grofsen Wassermassen, in welche ein Thermometer getaucht war, sobald man durch abermalige Erhitzung zum Sieden gelangte. Der Unterschied zwischen der beobachteten Temperatur des Wassers und der, bei welcher das Sieden desselben nach dem Gesetz stattfinden müfste, überstieg zuweilen 20° und selbst 30° . Nach einer dritten Erhitzung *trat das Sieden selten an dem verlangten Punkt ein*; der normale Zustand ist ein mehr oder weniger beträchtlicher Verzug.

Von den sehr zahlreichen Resultaten, welche ich beobachtet und aufgezeichnet habe, begnüge ich mich einige Beispiele anzuführen. Die nachstehenden vier Columnen enthalten: 1) den Druck im Moment des eintretenden Siedens¹⁾, 2) die Temperatur der Flüssigkeit in diesem

1) Die Quecksilbersäule des Manometers war immer etwas in Bewegung und daher würde es fruchtlos gewesen seyn, mit grofser Approximation zu beobachten. Aus dem Grunde enthält die Columnen I nur ganze Millimeter.

Augenblick, 3) die Temperatur, welche dem Wasserdampf eine dem Druck in der ersten Columnne gleiche Spannkraft geben würde, also die Temperatur des Siedens nach dem Dalton'schen Gesetz; 4) *Verzug* des Siedens.

Resultate nach einmaliger Erhitzung des Wassers bis zum Sieden.

525 mm.	91°,7	90°,0	1°,7
315	86,0	77,0	8,8
286	76,5	74,9	1,6
57	49,8	40,8	9,0
166	70,6	62,5	8,1
36	46,8	32,5	14,3

Resultate nach zweiter Erhitzung bis zum Sieden:

524 mm.	94°,7	90°,0	4°,7
211	71,0	67,8	3,2
239	83,5	70,7	12,8
180	72,0	64,3	7,7
89	58,8	49,5	9,3
130	64,5	57,1	7,4
66	56,5	43,5	13,0
59	53,7	44,4	12,3
46	51,0	36,8	14,2
41	48,3	34,3	14,0

Nach drei Erhitzungen bis zum Siedepunkt:

505 mm.	92°,2	89°,0	3°,2
99	65,5	51,7	13,8
46	53,8	36,8	17,0
33	52,7	30,8	21,9
108	71,6	53,5	18,1
79	70,1	46,9	23,2

4. Als Gay-Lussac den Verzug des Siedens von Wasser in Glasgefäßen beobachtete, bemerkte er, daß die Einführung einiger Metallstücke der Phänomen auf seinen für normal erachteten Punkt zurückführte, und seitdem wendet man in den Laboratorien Platindrähte an, um das (von dem Verzug des Siedens) herrührende Aufstossen der

Flüssigkeiten zu verhüten. Es war daher von Interesse, die eben beschriebenen Versuche unter Einführung einiger Platindräthe in das Wasser zu wiederholen.

Die Gegenwart von Platindrähten machte das Sieden leichter. Nach einem ersten, selbst einem zweiten Erhitzen ist es sehr selten, daß das Wasser bei der Druckverminderung flüssig und ruhig bleibt, wenn es sieden könnte. Erhitzt man aber das Wasser länger und öfter, so erhält man zuletzt Verzögerungen ganz ähnlich den vorhergehenden. Das Platin hört auf den Aggregatzustand zu ändern, und verhält sich am Boden des Wassers wie die Wände des Glasgefäßes. Man sieht hier, was die Chemiker unter anderer Form schon oft bemerkt haben, daß das Platin, nachdem es einige Zeit das Aufstossen verhindert hat, zuletzt unwirksam wird, sodaß man die angewandten Drähte durch andere ersetzen muß.

Hier einige Beispiele, wobei die Retorte drei Platindrähte enthielt und das Wasser wenigstens zwei Mal bis zum Sieden erhitzt worden war.

299 mm.	81°,0	76°,0	5°,0
201	74,0	66,5	7,5
261	81,0	72,5	8,5
122	73,0	55,8	17,2
115	60,5	54,8	5,7
80	56,5	47,2	9,6
75	59,5	46,0	13,5

In meiner früheren Arbeit über das Sieden der Flüssigkeiten innerhalb anderer Flüssigkeiten von gleicher Dichtigkeit, hatte ich die Thatsache angegeben, daß Wasserkügelchen, die gut über 100° erhitzt worden, in heftiges Sieden geriethen, wenn man sie mit Stückchen von Holz, Papier, Baumwolle u. s. w. berührte. Die obigen Versuche wurden wiederholt in der Weise, daß Platindrähte, an welchen Stückchen von Kienholz, von Papier, oder Baumwollenfasern befestigt waren, in destillirtes Wasser getaucht wurden. Nach einem ersten Erhitzen erfolgte das Sieden bei der Druckverringerung genau an dem vom Gesetz ver-

langten Punkt; nach einem zweiten Erhitzen traten einige seltene und schwache Aufstöße ein, und erst nach einer grossen Anzahl von successiven Erhitzungen wurden bedeutende Verzüge erhalten. Diese dem Wasser fremden Körper blieben mehrere Tage und bei mehreren Versuchsreihen, wobei die Flüssigkeit theilweis erneut werden mußte, am Boden der Retorte liegen. Somit lange ausser Berührung mit der Luft, häufig und lange im Wasser erhitzt, waren sie endlich vollkommen unwirksam geworden; niemals entstand eine Dampfblase mehr auf ihrer Oberfläche und bedeutende Verzögerungen des Siedens stellten sich ein.

Hier einige Beispiele der beobachteten Resultate. Nach einer ersten Erhitzung bis zum Sieden:

379 mm.	82°	81°,7	0°,3
245	72,1	71,3	0,8
185	65,5	64,9	0,6
140	58,7	58,7	0,0

Nach einer zweiten Erhitzung:

717 mm.	99°,2	98°,4	0°,6
419	86,0	84,2	1,8
220	82,0	68,5	3,5
125	58,8	56,3	2,5

Nach einer dritten Erhitzung:

369 mm.	86°	81°,1	5°,9
222	73	69,0	4,0
140	62	58,8	3,2
100	55,2	51,8	3,4

Nach mehreren theilweisen Erneuerungen des Wassers und nach einer grossen Anzahl von Erhitzungen:

344 mm.	89°	79°,3	9°,7
275	82	73,9	8,1
215	79	68,2	10,8
151	71,5	60,4	11,1
135	74,5	58,0	16,5
76	73,5	46,2	17,3
71	63,5	44,9	18,6
81	71,5	47,5	24,0
52	61	39,0	22,0
43	68	35,7	32,3

Zu bemerken ist, daß nach jeder theilweisen Erneuerung des Wassers die Verzüge anfangs wiederum schwächer waren.

5. *Versuche mit gewöhnlichem Wasser.* — Das angewandte Wasser war gewöhnliches Quellwasser. Es enthält ziemlich viel Carbonate, trübt sich nach einer ersten Erhitzung und setzt Kalktheilchen auf die Gefäßwände ab. Der Druckverringerung ausgesetzt, lieferte es ganz ähnliche Resultate wie die obigen; nur waren die Verzüge weniger häufig wie beim destillirten Wasser, und man mußte es mehrmaligen Erhitzungen unterwerfen, um etwas beträchtliche Verzüge zu erhalten. Ich werde mich nicht dabei aufhalten, numerische Beispiele zu geben, sondern nur bei dem gewissermaßen ganz allgemeinen Fall verweilen, wo gewöhnliches Wasser irgend welche Körper enthält.

Zuvörderst wurden Platindrähte in das Wasser gethan. Nach einer dritten Erhitzung gab die Druckverringerung unter anderm folgende Resultate:

163 ^{mm}	85°	62°	23°
64	67	42,8	24,2

Hierauf wurden Stückchen von Kreide, Platin, Eisen, Blei, Kupfer und Holz in das gewöhnliche Wasser geschüttet. Bei den Versuchen, die auf die ersten Erhitzungen folgten, riefen diese fremden Körper das Sieden fast genau an dem vom Dalton'schen Gesetz verlangten Punkt hervor; allein auf die Länge, nach fortdauerndem Liegen im Wasser und nachdem sie vielen Temperatur-Erhitzungen ausgesetzt worden, wurden diese Körper *ganz unwirksam* und vermochten nicht das Auftreten beträchtlicher Verzüge zu hindern. Hier einige der beobachteten Verzüge:

217 ^{mm}	74°	68° ₅	5° ₅
171	85	63,2	21,8
127	67	56,8	10,2
87	72	49	23,0
71	67	45	22,0
155	81,2	60,9	20,3
126	82,2	56,6	25,6

6. Nach den bisher über den Siedverzug des Wassers angestellten Versuchen, hat man immer angenommen, daß es bloß der Contact von Glas- und Porzellengefäßen sey, welcher zu dieser Erscheinung Anlaß gebe. In Metallgefäßen nämlich siedet das Wasser sehr nahe genau bei dem Punkt, bei welchem die Spannkraft seines Dampfes gleich ist dem äußeren Druck¹⁾. Es scheint, daß der Contact einer metallischen Substanz die Aufrechthaltung des flüssigen Zustandes verhindert, sobald man durch Temperaturerhöhung das Sieden bewerkstelligen will.

Die im §. 5 angegebenen Versuche zeigen, daß dem nicht so ist, *sobald man das Sieden durch Druckverringerung hervorruft*. In diesem Fall bewahrt das gewöhnliche Wasser in Berührung mit mehreren Metallen den flüssigen Zustand über den Punkt hinaus, bei welchem sein Sieden stattfinden kann. Der Contact der Metallflächen ist also für die Hervorrufung der Zustandsveränderung nicht besonders wirksam, und die Tendenz, flüssig zu bleiben, ist vielmehr eine Eigenschaft des Wassers selbst, unabhängig von den Körpern, mit welchen es in Berührung ist.

Die obigen Tafeln, die nur einige der in einer ziemlich bedeutenden Anzahl von Versuchsreihen beobachteten Resultate geben, zeigen bloß die *Größe* der Verzögerungen des Siedens. Was die *Häufigkeit* derselben betrifft, wenn das Wasser eine gewisse Anzahl von Malen bis zum Sieden erhitzt worden, so ist sie gewiß sehr merkwürdig.

Man kann behaupten, *daß das Wasser viel leichter und viel häufiger über das Minimum des Siedens hinaus flüssig bleibt, wenn der Druck das veränderliche, und die Temperatur das constante Element ist*.

7. Wenn sich das Wasser unter den besonderen Umständen des Siedverzuges befindet, so zeigt es, wenigstens dem Anschein nach, keine besondere Thatsache²⁾. Es ist

1) Ich erinnere indess daran, daß Hr. Magnus einen Verzug des Siedens in einer Platinschale gesehen hat (Pogg. Ann. Bd. LXI, S. 252).

2) In Wirklichkeit findet dann eine ungemein reichliche und ganz aus Poggendorff's Annal. Bd. CXXIV. 20

vollkommen unbeweglich und still, man sieht keine Dampf- oder Gasblase sich in seiner Masse oder an den Wänden des Gefäßes entwickeln. Dieser flüssige Zustand ist indess einem instabilen Gleichgewicht analog und das Sieden kann plötzlich eintreten. Die jähe Umwandlung eines Theiles der Flüssigkeit in Dampf erfolgt zuweilen ohne angebbare äußere Ursache; allein man kann sie fast sicher hervorrufen, wenn man dem Gefäß einen Stoß oder eine Erschütterung beibringt oder zuweilen selbst, wenn man eine kleine Menge Luft hineinläßt. Nicht selten sieht man das Sieden unmittelbar erfolgen; so wie in einem benachbarten Zimmer ein etwas lautes Geräusch gemacht oder ein Schlag gethan oder der Fußboden durch Gehen erschüttert wird. Diefes Resultat eines äußeren mechanischen Einflusses ist sehr merkwürdig und ähnelt in jeder Hinsicht dem, was bei übersättigten Lösungen geschieht, wo man solchergestalt die Krystallisation hervorrufen kann. Wenn der Siedverzug etwas beträchtlich ist, z. B. 10° übersteigt (und in den obigen Tafeln giebt es viele dergleichen Fälle), so ist das Sieden, wenn es eintritt, immer ungestüm und heftig. Es wird plötzlich eine große Masse Dampf erzeugt, welcher sich mit Gewalt von der Flüssigkeit oder den Gefäßswänden loszureißen scheint und einen Stoß, ein Aufstoßen von zuweilen außerordentlicher Heftigkeit veranlaßt. In mehreren Fällen hat diese plötzliche Dampf-Entwicklung wirklich Aehnlichkeit mit einer Explosion, wie schon Hr. Donny bemerkt hat. Das Gefäß wird stark erschüttert und eine oft bedeutende Portion der Flüssigkeit mit dem Dampf-puff fortgeschleudert.

8. Befindet sich das Wasser unter einem geringeren Druck als dem, welcher der Spannkraft des Wasserdampfes entspricht, so kann man durch Schließung des Hahns, welcher die Verknüpfung mit dem Gefäß *A* vermittelt, den Rest des Apparats absondern und gewissermaßen mehr immobilisiren. Bringt man darauf in dem Gefäß *A* einen

nachweisende Verdampfung an der Oberfläche statt. Ich werde darüber künftig eine Arbeit veröffentlichen.

Druck hervor, etwas geringer als der in der Retorte vorhandene, und stellt darauf durch Oeffnung des Hahns die Verbindung plötzlich wieder her, so tritt das Sieden meistens in demselben Augenblick ein. In diesem Fall, welcher, wie man sehen wird, ein gewisses Interesse in Bezug auf die Explosionen der Dampfkessel darbietet, wird die Aenderung des Aggregatzustandes vor Allem dadurch hervorgerufen, daß der Druck *plötzlich* ein wenig abnimmt und in der oberhalb des Wassers gebliebenen Luft eine ungestüme Verdünnungsbewegung eintritt.

Im Allgemeinen, habe ich bemerkt, erhält man unter sonst gleichen Umständen einen Verzug am leichtesten, wenn man durch sanftes Pumpen den Druck langsam und regelmäfsig verringert. Pumpt man sehr lebhaft, so ist mehr Wahrscheinlichkeit da, das Sieden an dem verlangten Punkt oder nach einem schwachen Verzuge entstehen zu sehen. In dem eben besprochenen Fall, wo der Verzug aufhört im Moment, da der Verbindungshahn mit A offen ist, ist es die Plötzlichkeit der Verminderung des Drucks, mehr als die absolute Gröfse dieser Verminderung, welche das verzögerte Sieden hervorruft.

9. Im Moment, da ein verzögertes Sieden eintritt, sinkt das Thermometer rasch in Folge der Absorption von latenter Wärme, und in sehr wenig Augenblicken ist die Flüssigkeit auf die gewöhnliche Temperatur des Siedens für den Druck, unter welchem es sich befindet, angelängt. Diese Temperatur steigt natürlich im Moment der Entwicklung des Dampfs.

Man kann sogar, ohne die Tafeln über die Spannkraft des Wasserdampfs zu Rathe zu ziehen, einen Beweis vom Daseyn eines Siedverzuges erhalten, blofs wenn man den Gang des Thermometers und den Zustand der Flüssigkeit beobachtet. So z. B. war das Wasser, unter einem verminderten Druck, vollkommen ruhig und durchsichtig bei 68°. Mit einem Mal erfolgte ein explosives Sieden, das Thermometer sank sehr rasch und war schon *unter* 45°, als ein ruhigeres, obgleich noch ziemlich lebhaftes Sieden

eintrat und einige Augenblicke andauerte, währenddess das Instrument unter 40° fiel. — Ein ander Mal war die Flüssigkeit bei $74^{\circ},5$ ruhig. Das Sieden entstand, nach einer Erschütterung der Retorte, heftig, das Thermometer sank und zeigte 57° , als die Flüssigkeit noch in ziemlich lebhaftem Sieden war.

Im ersten Fall war demnach das Wasser sicher noch flüssig bei mehr als 28° , und im zweiten bei mehr als $17^{\circ},5$ über seinem minimalen Siedpunkt.

10. Die Siedtemperatur des Wassers hängt ohne allen Zweifel von dem Drucke ab; allein wenn man das Verhältniß der Temperatur zu dem Druck nach dem Dalton'schen Gesetz angeben will, so stößt man auf so viele und so wichtige Ausnahmen, daß das Gesetz seinen Werth offenbar ganz verliert. Man weiß, daß Flüssigkeiten, wenn sie außer Contact mit starren Körpern, in Flüssigkeiten von gleicher Dichte untergetaucht werden (Wasser in einem Gemenge von Nelkenöl und Baumöl, Chloroform in einer angemessenen Lösung von Chlorzink, usw.) nicht ins Sieden gerathen bei dem vom Dalton'schen Gesetz verlangten Punkt, sondern daß *immer* Verzögerungen und zwar sehr beträchtliche stattfinden. Man weiß auch seit lange, wie häufig die Verzögerungen bei Wasser und anderen Flüssigkeiten sind, wenn man sie in Glas oder Porzellan erhitzt; und es geht endlich aus den oben beschriebenen Versuchen hervor, daß das Wasser, selbst im Contact mit metallischen Körpern, mit Holz usw., eine sehr ausgesprochene Tendenz zeigt, den flüssigen Zustand zu bewahren, wenn das Sieden durch verminderten Druck bewirkt wird, mehr als durch erhöhte Temperatur. Allein alle diese vorgeblichen Ausnahmen entkräften niemals eine Regel, welche das wahre Gesetz des Phänomens ist, nämlich: daß das Sieden einer Flüssigkeit unter einem bestimmten Druck bloß entstehen *kann* von einer minimalen Temperatur ab, welche die ist, bei der die Spannkraft ihres Dampfs dem äußeren Druck das Gleichgewicht hält. Mit anderen Worten: von dem durch das Dalton'sche Gesetz

bezeichneten Punkte ab ist das Sieden *möglich*, aber in Wirklichkeit erfolgt es bei *verschiedenen* Temperaturen, die, je nach den Umständen, unter welche die Flüssigkeit versetzt ist, jenem Punkte gleich sind oder höher als er.

11. Was sind aber die Ursachen, welche das Sieden von einer Minimal-Temperatur ab, bei der es möglich ist, hervorrufen? — Ohne in eine ausführliche Untersuchung dieser Frage, die ich schon anderswo erörterte, einzugehen und ohne auf die mechanischen Erregungsmittel zurückzukommen, will ich nur bemerken, daß die vorhin beschriebenen Versuche den wichtigen Einfluß des Gascontactes nachweisen und dagegen den Theil des Einflusses, welchen man dem Contact der starren Körper zuschreiben könnte, verringern. Diesen wichtigen Einfluß des Gascontactes¹⁾ hat schon Hr. Donny sehr hübsch nachgewiesen, bei Gelegenheit seines wohlbekannten Versuchs, wo Wasser, ungeachtet seiner hohen Temperatur, einen großen Siedverzug erleidet; er ist in neuerer Zeit von Hrn. Grove wiederholt worden, welcher mit Recht bemerkt, daß noch Niemand Wasser habe sieden sehen, welches sicher vom Gascontact befreit worden.

Das Wasser enthält eine gewisse Menge Luft gelöst und man weiß, mit welcher Schwierigkeit dieselbe zu entfernen ist. Die starren Körper besitzen auf ihrer Oberfläche eine mehr oder weniger, meistens sehr fest sitzende Gasschicht und diese Lufthülle bekleidet die Wände der Gefäße, in welchen die Flüssigkeiten erhitzt werden, so wie die starren Bruchstücke, welche man in dieselben einführt. Die Verringerung des Drucks und die Erhitzung

1) Es ist interessant, daß schon Deluc die Wichtigkeit des Contactes der Luft beim Sieden vollkommen wahrnahm. Dieser beharrliche und scharfsinnige Beobachter sagt unter Anderem: »das Phänomen des Siedens wird durch Luftblasen erzeugt, welche die Wärme aus der Flüssigkeit entwickelt; wenn man das Wasser zuvor von aller darin enthaltenen Luft befreit hat, so kann es nicht mehr sieden; der Grund davon ist: daß die Dämpfe sich nur an freien Oberflächen bilden können, usw.«

Deluc ist hierüber von einem Anonymus sehr lebhaft kritisiert worden (*Ann de chim., An. XII, T. XXXIX p. 235*).

sind zwei Ursachen, welche diese Gasblille zu entfernen trachten.

Bei den in §§. 3, 4 und 5 angeführten Beobachtungen wurden die Siedverzögerungen im Allgemeinen desto häufiger und desto beträchtlicher, je öfter die Flüssigkeit der Erhitzung und der Druckverringeringung ausgesetzt worden war. Die Siedverzögerungen scheinen demnach zuzunehmen mit den Ursachen, welche die Gase entfernen. Viele specielle Beobachtungen scheinen diese allgemeine Bemerkung zu unterstützen. So bemerkte man oft nach einer ersten oder einer zweiten Erhitzung, daß das Sieden von gewissen Punkten der in das Wasser getauchten Metall- oder Holzstücke ausging. Nach einer Unterbrechung erzeugte sich die Entwicklung der Dampfblasen unverändert an demselben Punkt und es konnte kein Verzug erhalten werden. Allein nach einer fortgesetzten Erhitzung oder, besser noch, nach einigen successiven Erhitzungen und Erkaltungen wurden diese ausnahmsweisen Punkte auch unwirksam, und alsdann folgte die Flüssigkeit in ihrem Sieden nicht mehr dem Dalton'schen Gesetz. In diesem Fall blieb wahrscheinlich eine Gasblase am starren Körper haften und sonderte sich endlich ab in Folge der Temperatur-Erhöhung und Druckverminderung.

12. Eine, wahrscheinlich schon gemachte, aber von mir noch nicht angeführt gefundene Thatsache, die sich ohne Zweifel auch durch die mehr oder weniger vollständige Entfernung des im Wasser gelösten Gases erklären läßt, ist folgende. — Als man Wasser in einer Retorte erhitzte, die zu den vorstehenden Versuchen gedient hatte, zeigte dasselbe den gewöhnlichen und bekannten Verzug, welcher in dergleichen Fällen entsteht, und so gut von Hrn. Marcet studirt worden ist. Allein man überzeugte sich leicht, daß, wenn dasselbe Wasser mehrmals unter normalen Druck bis zum Sieden erhitzt und dazwischen unter verringertem Druck abgekühlt wurde, die Verzögerungen immer beträchtlicher wurden. Hier ein Beispiel an destillirtem Wasser; der äußere Druck war 716^{mm}, die Minimum-Temperatur des Siedens folglich 98°,4.

Sieden		Verzug
Erstes	bei 100°,2 bis 100°,9	1°,8 bis 2°,5
Zweites	" 101°,7 " 102°,7	3°,3 " 4°,3
Drittes	" 101°,7 " 102°,0	2°,3 " 3°,6
Viertes	" 102°,0 " 102°,8	3°,6 " 4°,4
Fünftes	" 102°,6 " 103°,8	4°,3 " 5°,4

Abgerechnet die Ausnahme, welche das dritte Sieden darbietet, sieht man eine merkliche Zunahme der Verzüge, ohne dass man sie indess durch dieses Mittel über eine gewisse Gränze hinaus vergrößern könnte. Dieselbe Thatsache beobachtet man bei Wasser, welches Platindrähte eingeschlossen enthält. Der Verzug war 0°,3 bis 1°,0 beim ersten Sieden, und erreichte 2°,4 bis 3°,2 beim fünften. Dasselbe zeigte sich auch bei gewöhnlichem Wasser¹⁾.

Wenn die Gegenwart einer Gasschicht an der Oberfläche starrer Körper eine das Sieden erregende Ursache ist, so hat es Interesse zu sehen, was geschieht, wenn man an der Oberfläche eines in das Wasser getauchten Körpers diese Schicht beständig erzeugt oder unterhält. Um diesen Umstand zu verwirklichen, wurden in die Retorte des vorhin beschriebenen Apparats zwei Platindrähte eingeführt. Diese ziemlich langen Drähte gingen durch den Pfropfen, an welchem das Thermometer befestigt war, und reichten bis zum Boden der Retorte, etwa ein Centimeter von einander entfernt. Die beiden Enden ausserhalb des Apparats konnten mit den Polen einer Säule verknüpft werden, wodurch eine Elektrolyse entstand, vermöge welcher die Oberfläche beider Drähte eine große Menge Gasblasen entwickelte.

Als man gewöhnliches Wasser nahm und dasselbe einige Male bis 100° erhitze, wurden die Platindrähte bald unfähig zur Hervorrufung des Siedens und es war möglich Verzüge von 10° bis 15° zu erhalten. Als der Strom in die Drähte geleitet wurde und sich an deren Oberfläche

1) Die zu diesen Versuchen benutzte Retorte war zuletzt durch langen Gebrauch merkwürdig geschickt, Siedverzüge zu ertragen. Diefs ist durch die vorstehenden Details leicht begreiflich.

stetig Gas entwickelte, war es niemals möglich, den geringsten Siedverzug zu erhalten. Die von den Elektroden ausgehenden Wasserstoff- und Sauerstoff-Ströme waren immer eine hervorrufende Ursache zur Aggregatsveränderung sobald der Druck dieselbe möglich machte.

Mit derselben Einrichtung ist es sehr leicht das Sieden augenblicklich hervorzurufen, sobald ein Verzug stattfindet. Man operirt zunächst, ohne den Strom durchzuleiten, mit gewöhnlichem Wasser. Nachdem man durch Verringerung des Drucks einen etwas beträchtlichen Verzug erhalten hat, schließt man die galvanische Kette; das Sieden tritt dann plötzlich ein, mit mehr oder weniger großer Heftigkeit, je nach der Größe des Verzuges. Beträgt der Verzug 15 bis 20°, so ruft die Erregung des Stroms eine Erschütterung hervor eben so instantan, wie wenn er zur Entzündung von Schiefspulver gedient hätte¹⁾. Es ist klar, daß der instabile Gleichgewichtszustand, in welchem sich das Wasser befindet, durch den Contact der ersten Gasblasen auf der Oberfläche des Platins plötzlich zerstört wird.

14. Vielleicht könnte man voraussetzen, daß das, was das Sieden hervorruft, nicht die Gasentwicklung sey, sondern der Durchgang des Stromes selbst. Man könnte meinen, die Flüssigkeit indem sie Theil einer elektrischen Kette geworden, sey der Sitz einer Molecular-Bewegung, welche

- 1) Dieser leicht anzustellende Versuch ist sehr geeignet in Vorlesungen den Verzug des Siedens zu zeigen. Er (sowie alle übrigen, den Siedverzug betreffenden) gelingt noch sicherer mit Wasser, welches ein oder zwei Hundertel Schwefelsäure enthält; er läßt sich leicht ausführen mit einer Retorte, welche wie die des §. 13 eingerichtet und direct mit der Luftpumpe verbunden ist. Nachdem man das Wasser einige Zeit hat sieden lassen, braucht man nur bis etwa 150^{mm} zu evacuiren (was man mittelst des Manometers der Pumpe schätzen kann), wo dann das Thermometer 70° zeigen wird. Es findet nun ein Siedverzug von etwa 10° statt, und man kann darauf rechnen, daß im Moment, wo der Strom durch die Drähte geleitet wird, ein heftiger Stofs erfolgt.

[Von anderem Gesichtspunkte aus, habe ich diese Erscheinung, mit der auch noch einige merkwürdige Umstände verknüpft sind, schon im Jahre 1847 beschrieben (diese Ann. Bd. LXX, S. 198); sie ist später von Beetz (Ann. Bd. LXXIX, S. 111) bestätigt worden. — P.]

die Aggregatänderung erleichtere. Die folgenden zwei Thatsachen lassen mich jedoch glauben, daß es nicht die Electricität als besonderes Agens ist, welche das flüssige Gleichgewicht aufhebt, sondern daß nur der Contact der durch die Elektrolyse erzeugten Gase diese Aufhebung bewirkt.

a. Erhitzt man auf dem Marienbad in einer Platinschale, welche eine Zeitlang Schwefelsäure enthalten hat, eine gewisse Menge Wasser bedeckt mit Oel, so erhält man unter normalem Druck leicht Verzüge von 6° bis 7°. Taucht man nun in dieses Wasser, durch das Oel hin, Platindrähte, die durch verlängerten Contact unwirksam geworden sind, so kann man die verschiedenen oben erwähnten Thatsachen beobachten: Verzögerung des Siedens, wenn der Strom nicht durchgeht, und regelmäßiges Sieden, wenn er durchgeht. Außerdem sieht man sehr gut, daß im Moment, da der Strom beginnt, das verzögerte Sieden bloß *ringsum* die Platindrähte tumultuarisch anfängt, und nicht in dem Zwischenraum, der sie trennt, obwohl dieser auch einen Theil der Kette ausmacht. Ersetzt man die Platindrähte durch Kupferdrähte, die ebenfalls in den Zustand der Unwirksamkeit gelangt sind, so sieht man das Sieden nur um den negativen Pol anfangen, also da, wo Wasserstoffblasen sich entwickeln; der positive Pol, wo der Sauerstoff das Kupfer oxydirt und nicht als Gas entweicht, bleibt vollkommen ruhig und ist nicht der Sitz irgend eines Siedens. Das Resultat ist vollkommen klar und wenn man, nach Unterbrechung des Strom und nach Erlangung eines Verzuges, die Verbindung mit der Säule unter Vertauschung der Pole abermals herstellt, sieht man den Kupferdraht, welcher unwirksam geworden, plötzlich der Sitz einer lebhaften Gas- und Dampf-Entwicklung werden, während der andere, wo sich der Sauerstoff mit dem Metall verbindet, keine Aggregatveränderung mehr hervorruft.

b. Wenn die Elektrolyse einige Minuten gedauert hat und die Entwicklung von Wasserstoff und Sauerstoff an der Oberfläche der Platindrähte reichlich gewesen ist, bleiben, selbst nach Unterbrechung des Stroms, Gasblasen an

den Elektroden haften. Diese Blasen lösen sich nur allmählich ab und erfordern eine mehr oder weniger lange Zeit um vollständig zu entweichen. Wenn es nun bloß der Contact der Gasblasen ist, welcher das Sieden hervorruft, so muß dieses, selbst nach der Unterbrechung des Stroms, ringsum die Platindrähte fortfahren, und es müssen die Drähte erst eine gewisse Zeit nach Aufhörung der elektrischen Action unwirksam werden. Versuche, unter verschiedener Form angestellt, belehrten mich, daß dem wirklich so ist.

Als man so z. B. in dem oben beschriebenen Apparat das Wasser erhitzt hatte und nun durch zweckmäßige Verminderung des Drucks einen Siedverzug hervorzubringen suchte, konnte man denselben nie erlangen, wenn der Strom erst kurz zuvor unterbrochen worden war. Dieselbe Thatsache bestätigte sich noch auffallender unter einer andern Form. Die Retorte enthielt Wasser, welches unter normalem Druck erhitzt worden war, und welches, wenn der Strom nicht durch die Drähte ging, bald Verzüge von 2° bis 3° gab. Beim Durchgang des Stroms erfolgte das Sieden ohne Verzug und die beiden Elektroden wurden der Sitz einer schaumigen Entwicklung von Dampf und Gas. Als nach einigen Minuten dieses Siedens der Strom plötzlich unterbrochen wurde, sah man noch mehr Sekunden, oft eine Minute lang die Entwicklung rings um die Elektroden fort dauern. Sie dauerte nur sehr kurze Zeit, wenn der Strom zuvor auch nur sehr kurze Zeit hindurchgegangen war; und sie hielt länger an, wenn der Durchgang des Stroms eine längere Dauer gehabt hatte.

Die beiden Pole scheinen übrigens in dieser Bewahrung des Vermögens der Sied-Erregung nicht identisch zu seyn; immer bleibt der negative Pol länger umgeben mit entstehendem Dampf. Dieser Unterschied ist desto ausgesprochener, je länger der Strom durchgegangen ist. Nach der Unterbrechung wird die positive Elektrode schnell von Dampf und Gas befreit, während die andere von einer Entwicklung eingehüllt ist, die erst später aufhört. Trotz meh-

rer Umkehrungen des Stroms erzeugte sich diese Thatsache beständig zu Gunsten des negativen Pols. Entspringt dieser Unterschied aus einem stärkeren Haften des Wasserstoffs an der Platinfläche?

15. Die vorstehenden Details laufen offenbar darauf hinaus, die Wichtigkeit des Contacts eines gasigen Körpers für die Erregung des Siedens zu bestätigen, und es ist wahrscheinlich, daß mehrere der Thatsachen, die ich in einer früheren Abhandlung dem Contacte starrer Körper zuschrieb, vielmehr, der diesen Körper anhaftenden Gasschicht beigelegt werden müssen. Die eigenthümliche Wirksamkeit poröser Körper z. B. erklärt sich nach dieser Hypothese sehr gut, und ohne Zweifel ist es die bekannte Eigenschaft der Kohle, Gase an ihrer Oberfläche zu verdichten, welche sie ihrem von den Chemikern anerkannten Vorzug verdankt, das Aufstossen beim Sieden bei einer Menge von Flüssigkeiten zu verhüten.

16. Das Phänomen des Siedens umfaßt offenbar eine doppelte Thatsache: Eine Dampf-Entwicklung in der ganzen Masse der Flüssigkeit, nicht eher möglich, als bis die Spannkraft dieses Dampfes dem Drucke gleich geworden ist; und das eigentliche, seiner Natur nach noch dunkle Molecular-Phänomen, die Umänderung des flüssigen Zustandes in den gasigen. Durch die erste dieser Thatsachen hängt das Sieden vom Drucke ab, durch die zweite von Ursachen, welche das moleculare Gleichgewicht der Flüssigkeit zu stören vermögen. Diese Ursachen sind vielleicht verschiedener Natur und sehr wahrscheinlich ist der Contact gewisser fremder Körper, besonders der Gase, eine dieser störenden Actionen, welche die molecularen Beziehungen verändern und demgemäß das Sieden bestimmen, sobald der Druck es möglich macht.

Dieses moleculare Gleichgewicht scheint mir nicht der eigentlichen *Cohäsion* angereicht werden zu können, wie Hr. Donny glaubt. Die Cohäsion, wie man sie insgemein versteht, verbindet die Trennung, das Auseinanderweichen der Molecüle gleicher Natur; es ist die Cohäsion, welche

sich der Zertheilung einer flüssigen Masse in andere gleichfalls flüssige Portionen widersetzt. Allein bei der Verdampfung findet offenbar weit mehr als eine bloße moleculare Zertheilung statt; der Wasserdampf ist etwas ganz anderes als ein Wasserstaub, und um ihn zu erzeugen ist auch etwas Anderes nöthig als eine einfache moleculare Trennung, welche die Cohäsion zu überwinden hat.

Ein anderer Einwurf, der mir sehr stark erscheint, ist die unlängbare Analogie zwischen der Verzögerung des Siedens und der Verzögerung des Erstarrens; dieß sind offenbar Thatfachen gleicher Ordnung, welche von ähnlichen Ursachen abhängen. Bei der Erstarrung findet zuweilen moleculares Annähern statt, z. B. beim Schwefel und Phosphor, welche bekanntlich sehr bedeutende Verzögerungen des Erstarrens darbieten können. Wenn der Schwefel noch bei 30° oder 40° flüssig ist, so ist es nicht die *Cohäsion*, welche ihn am Gestehen hindert und in diesem instabilen Gleichgewicht erhält, denn im Momente seines Erstarrens nähern sich seine Molecüle einander und bilden einen weit zäheren Körper als im flüssigen Zustande.

Dadurch, daß das Sieden zugleich von dem äußeren Druck und der Molecular-Action abhängt, giebt es zu den zahlreichen und gegenwärtig wohl bekannten Unregelmäßigkeiten Anlaß, die mit Recht in Verwunderung setzen, wenn man das Phänomen bloß vom Druck abhängen lassen will. In den meisten Fällen studiren wir die Flüssigkeiten genau unter den Umständen, wo die molecularen Contactwirkungen das Sieden hervorrufen, sobald es möglich ist, d. h. sobald die Spannkraft des Dampfes gleich ist dem äußeren Druck. Allein dieser Punkt ist in Betreff der Siedhitze bloß ein Minimum und sobald nicht die äußeren Umstände eine eben so energische Molecular-Action auf die Flüssigkeit ausüben, erhält sich dieselbe über seine gewöhnlichen Gränzen hinaus flüssig. Darin bestehen die unzähligen eigenthümlichen Fälle, welche man *Siedverzögerungen* nennt; allein diese Fälle dürfen offenbar nicht als Ausnahmen betrachtet werden, wenn die obigen Ansichten rich-

tig sind. Uebrigens darf man nicht vergessen, daß in der That die vorgeblichen Ausnahmen *die Regel* werden, sobald z. B. das Wasser dem Contacte starrer Körper entzogen und von einer Flüssigkeit von gleicher Dichte umgeben ist.

Wenn unsere Versuche mit Flüssigkeiten nicht Erfordernissen unterlägen, denen wir uns schwer entziehen können, so würden wir über ihre physischen Eigenschaften sehr wahrscheinlich andere Ansichten hegen, als gegenwärtig herrschend sind. Der Contact mit starren Gefäßen, in welchen die Flüssigkeit befindlich sind, der mit Gasen, den wir nur mit vieler Mühe vermeiden, ist eine dieser Erfordernisse. Die Bedingungen, unter denen wir leben, machen es sehr leicht die Temperatur unter constant bleibendem Druck zu verändern. Wären die Umstände genau die umgekehrten, hätten wir vom Anfang an viel häufiger mit Druckveränderungen bei constanter Temperatur experimentirt, so würde man ohne Zweifel nie daran gedacht haben zu sagen, daß das Sieden der Flüssigkeiten unter jedem Druck bei einer festen Temperatur geschehe.

Da die gewöhnliche Fassung des Gesetzes über das Sieden also den Thatfachen gegenüber nicht mehr haltbar ist, so wird es zweckmäfsig seyn, dafür eine andere aufzustellen. In einer früheren Arbeit habe ich die folgende vorgeschlagen, die von den gegenwärtigen Thatfachen nur bestätigt wird: *Unter bestimmtem Druck kann das Sieden einer Flüssigkeit, je nach den physischen Umständen, unter welchen sie sich befindet, bei verschiedenen Temperaturen vor sich gehen; diese Temperaturen sind eben so groß oder höher als diejenigen, bei welchen die Spannkraft des Dampfes der Flüssigkeit dem äußeren Druck das Gleichgewicht hält.*

II.

17. Die im Vorstehenden beschriebenen Versuche sind vielleicht nicht ohne Wichtigkeit in Betreff der Explosionen von Dampfkesseln.

Die *Dampfkessel-Explosionen* bieten der Wissenschaft ein weit schwierigeres Problem dar als es auf den ersten Blick erscheint. In der That können diese Unfälle nur in

ziemlich seltenen Fällen durch eine übertriebene Erhitzung des Dampfs oder durch unzureichende Festigkeit der Kesselwände erklärt werden. Zur Erklärung dieser Erscheinungen hat man eine große Zahl von Theorien aufgestellt. Ohne dabei zu verweilen, erinnere ich nur an die vorausgesetzte Zersetzung des Wasserdampfs durch rothglühende Stellen des Kessels und darauf erfolgende Explosion des Wasserstoffs; an die instantane Verdampfung einer unzulänglichen Masse Wasser, welche in den Kessel gekommen, nachdem derselbe zufällig trocken und am Boden rothglühend geworden; an die Erzeugung einer Art von schlagendem Wetter durch die Zersetzung der im Wasser enthaltenen organischen Substanzen an den heißen Kesselwänden, usw.

18. Die Idee, die Explosionen der Kessel einer bedeutenden Erhitzung des Wassers, verbunden mit einem Siedverzuge, zuzuschreiben, wurde, glaube ich, zuerst von Hrn. Donny ausgesprochen¹⁾. Ueberrascht von den starken mechanischen Effecten, welche ein verzögertes Sieden in bloßen Glasröhren hervorbringen kann, nimmt Hr. Donny an, daß die Flüssigkeit, die zufällig einen Siedverzug erlitten, fortfährt sich zu erhitzen über die Temperatur hinaus, welche dem jeweiligen Druck entspricht, und daß sie darauf, in einem gegebenen Moment, eine bedeutende Menge Dampf erzeugt, sobald die Verdampfung eintritt. — Später hat Hr. Mangin²⁾, gestützt auf meine Versuche über das Flüssigbleiben des Wassers bis zu Temperaturen von 160° bis 170°, gezeigt, daß wenn das Wasser eines Kessels zufällig einen solchen Verzug erleidet, bei eintretendem Sieden unfehlbar eine Erschütterung und ein Zerreißen der Kesselwände erfolgen muß.

Ein Umstand, welcher glauben läßt, daß der Siedverzug eine gewisse Rolle bei den Dampfkessel-Explosionen spielt, ist der, daß eine sehr große Anzahl, die Mehrheit sogar, solcher Unfälle sich ereignete, während die Maschine

1) *Ann. de chim. et de phys. Sér. III, T. XVI, p. 167.*

2) *Compt. rend., 1862, T. LIV, p. 452.*

in Ruhe war oder unmittelbar hernach. Während der Thätigkeit der Maschine, wenn der Dampf in den Cylinder strömt, alle Theile in Bewegung sind und der ganze Apparat erschüttert wird, sind sie seltener; sie sind auch häufiger bei *feststehenden* Maschinen als bei beweglichen¹⁾. Die Ruhe begünstigt, wie bekannt, das zufällige Flüssigbleiben, und das Zusammenfallen derselben mit den Explosionen giebt einem Theil der Hypothese des Hrn. Donny und des Hrn. Mangin einen unläugbaren Werth.

19. Allein es giebt eine sehr oft bei diesen Explosionen bemerkte Thatsache, die nicht mit einem anderen Theil dieser Erklärung übereinstimmt und die dennoch alle bisher aufgestellten Theorien umfaßt; es ist die: dafs meistens kurz vor der Explosion *der Druck abgenommen hatte*, geringer war als beim gewöhnlichen Gange der Maschine. Bei einer grossen Anzahl dieser Unglücksfälle, behauptet man, sey das Feuer nicht verstärkt, vielmehr geschwächt, erstickt worden. Die Explosionen ereignen sich nicht allein nachdem der Kessel in Ruhe gekommen, sondern *nachdem er erkaltet ist*, während der Unterbrechung der Arbeiten, mitten am Tage, selbst des Morgens, nach Unterbrechung in der Nacht.²⁾

Die Thatsache, dafs *viele Explosionen auf eine Periode der Erkaltung des Kessels und einer erwiesenen Abnahme des Druckes folgen*, wird in den Berichten über diese furchtbaren Unglücksfälle mit sehr gerechtem Erstaunen hervorgehoben, da dieselben auf den ersten Blick gerade nach entgegengesetzten Umständen scheinen eintreten zu müssen.³⁾

1) J. Gaudry, *Traité des machines à vapeur*, T. II, p. 121.

2) J. Gaudry sagt a. a. O.: »Am häufigsten erfolgen die Explosionen bei Wiederaufnahme des Dienstes, nach abgelaufener Ruhezeit der Arbeiter«. — Der Verfasser, welcher glaubt, dafs die Explosionen aus einer übermässigen Erhitzung der Kesselwände entspringen, setzt hinzu: »weil es während dieser Zeit an Wasser gefehlt hat und die Heizfläche entblöset ist.«

3) »Mehrere dieser Thatsachen, bekenne ich frei, haben ein paradoxes Ansehen, welches auf den ersten Blick, Zweifel einflöset; allein die Bei-

20. Es scheint mir nicht unmöglich, zwischen den vorhin (§§. 4 u. 5) beschriebenen Versuchen und diesen häufigen Umständen bei Dampfkessel-Explosionen eine Beziehung aufzustellen, welche die letzteren ziemlich gut erklärt.

Wenn ein Dampfkessel nicht mehr erhitzt wird und eine Unterbrechung in der Arbeit stattfindet, so tritt er in eine Periode langsamer Erkaltung. Das Ausgangsrohr des Dampfs ist verschlossen, das Feuer durch Schließung der Thüren erstickt, und die Temperatur der ganzen Masse im Sinken begriffen. Durch die Einrichtung der Kessel muß sich der obere Theil, worin sich der Dampf befindet, rascher erkälten als der untere, welcher das Wasser enthält und auf dem Feuerheerd ruht. Die große spezifische Wärme des Wassers muß außerdem dazu beitragen, die Erkaltung desselben zu verlangsamen. In dem Maasse als der Dampf erkaltet, condensirt er sich zum Theil; der Druck nimmt ab und das Wasser, seine Wärme mehr behaltend, muß unter diesem verringerten Druck sieden. In der großen Mehrheit von Fällen fährt ohne Zweifel dieses Sieden fort, nach Maafsgabe wie es die Abnahme des Drucks erlaubt; allein gerade hier kann sich ein Verzug einstellen, ähnlich denen in §§. 4 u. 5. Man hat gesehen, wie sehr das Wasser geneigt ist, *wenn das Sieden in Folge der Druckverminderung geschehen muß*, flüssig zu bleiben, wenn auch das Sieden möglich ist. Dieser Fall wird ohne Zweifel bei Dampfkesseln äußerst selten seyn, allein er ist doch mögliche Beispiele sind zahlreich und die Autoritäten unverwerflich. (*Arago: Sur les explosions des machines; Annuaire p. 1830*).

Hier zwei Beispiele, wo vor dem Unfall eine Abnahme des Druckes stattfand; weiterhin wird man andere finden, bei denen die Maschine in Ruhe war. »Bei der Explosion des Dampfsbootes *Aetna*, in Amerika, gab die Maschine nur 18 Kolbenhübe in der Minute. Bei ihrem gewöhnlichen Gange war diese Zahl 20. Der Kessel zersprang also bei einer merklich weniger großen Spannung als er für gewöhnlich ertrug.« (*Annuaire pour 1830*).

»Am Tage der Explosion des *Rapide*, zu Rochefort, hatte das Manometer oft das Doppelte desjenigen Drucks angezeigt, welcher erwiesenermaßen einige Augenblicke vor dem Ereigniß stattfand« (*Annuaire pour 1830*).

lich, und wenn sich ein Verzug von einigen Graden einstellt, so wird das Sieden plötzlich erfolgen, sey es von selbst, sey es in Folge einer Erschütterung von aussen. Dieses Sieden muß dann alle Charaktere zeigen, die so oft an meinem Apparat beobachtet wurden, wo der Stofs das schwere Gestell, auf welchem die Retorte lag, erschütterte (§§. 7). Wegen der grossen Wassermasse in einem Dampfkessel können diese Stöße sehr wohl ein Zerreißen der Wände und die schrecklichen Wirkungen dieser Art von Unglücksfällen veranlassen.

21. Wenn der Verzug nur sehr wenig bedeutend ist, muß das Sieden einfach den Effect haben, daß es den Dampfdruck momentan vergrößert. Das Manometer muß dann während der Erkaltung plötzlich steigen, um bald darauf seinen sinkenden Gang wieder anzunehmen. Da sehr kleine Verzüge wahrscheinlich häufiger sind als die, welche einige Grade erreichen, so ist wahrscheinlich diese Zeit des Stillstands in dem sinkenden Gang des Manometers weniger selten, als es die Explosionen sind. Es wäre von großem Interesse zu wissen, ob diese Thatsache vielleicht schon beobachtet worden, während Dampfkessel, bei rechter Ruhe, im Erkalten begriffen waren. Ich habe über diesen Punkt einige Nachrichten von einem ausgezeichneten Ingenieur, Hrn. F. Chavannes-Burnat, erhalten und gebe hier einen Theil des Briefes, den er gütigst über diesen Gegenstand an mich richtete.

„In der Fabrik, wo ich arbeitete, zu Havre, hatte ich zwei Dampfkessel, jeden von 4 bis 5 Pferdekraften, welche theils zur Bewegung einer kleinen Maschine dienten, theils zur Erzeugung des nöthigen Dampfs für die Heizung der Apparate der Anstalt.“

„Diese Kessel standen senkrecht, hatten inneren Feuerheerd und oben einen Rauchbehälter. Sie enthielten nur ein kleines Wasservolum und arbeiteten bei 4 Atmosphären. Die Speisung mußte fast continuirlich seyn, da der Dampfdruck sehr klein war. Die geringste Veränderung in dem Gang des Feuers veranlaßte ziemlich bedeutende Schwan-

kungen im Druck. Bei fünfminütlicher Nicht-Speisung riskirte man die Heizflächen blofszulegen.»

»Diese Kessel beunruhigten mich etwas. Am Abend, nach Auslöschung der Feuer, verweilte ich oft bei ihnen, sie beobachtend.«

»Mehr als einmal sah ich zu meinem grofsen Erstaunen, dafs das Manometer, nachdem es um eine Atmosphäre und selbst mehr gesunken war, plötzlich wieder stieg; und einmal sogar, nachdem es sehr rasch gefallen war, öffneten sich die Sicherheitsventile.«

»Der Hahn des Dampf-Austritts war unmittelbar nach der Fortnahme des Feuers geschlossen worden, damit der Dampf sich nicht in die Apparate begeben konnte.«

»Zweimal, als das Feuer im Moment der Arbeit sehr lebhaft war, liefs ich es schnell herausziehen, das Aschenloch ausleeren, und darauf Alles verschliessen. Ich öffnete dann die Fenster, um die Dampfdome mehr abzukühlen, die nicht eingehüllt waren. Das Sinken des Manometers war sehr rasch und ihm folgte ein sehr starker Sprung. Das Metall des Kessels war noch sehr heifs und das Wasser ebenfalls. — Das zweite Mal rief, nach einem starken Fallen des Manometers, ein Hammerschlag auf den Kessel unmittelbar den Sprung hervor.«

»Ich weifs mir diese Erscheinungen nicht zu erklären, usw.«

Man wird ohne Zweifel begreifen, dafs die von Hrn. Chavannes angeführten Thatsachen von grofser Wichtigkeit sind zur Stütze meiner Ansichten in Betreff der Ursache, welche das Auftreten eines Siedverzuges begünstigen können. Es ist nämlich recht wahrscheinlich, dafs, wenn so kleine Verzüge bei einem erkaltenden Dampfkessel entstehen können, bedeutendere Verzüge, obgleich sicher viel seltener — und glücklicherweise — ebenfalls möglich sind.

22. Als in dem Apparat des §. 2 ein plötzliches, mit einem Stofs verknüpftcs Sieden nach einem Verzug eintrat, machte natürlich die plötzliche Dampf-Entwicklung den

Druck steigen. Diese Steigerung war indeß schwach, weil das Wasservolum nur ein kleiner Bruchtheil (höchstens $\frac{1}{20}$) vom gesammten Volum des Apparates war, in welchem der Dampf sich ausbreitete. In einem Dampfkessel ist dieß Verhältniß weit beträchtlicher und daher muß der Anwuchs des Drucks auch bedeutender seyn. Dieser Anwuchs hängt ohne Zweifel auch ab von dem Ueberschuß der Temperatur des Wassers über die des Dampfs in dem Momente, wo das verzögerte Sieden entsteht. Es ist jedoch einleuchtend, daß die Dampfspannung, welche in diesem Momente entsteht, unterhalb derjenigen bleibt, welche stattfand, als der Kessel anfang zu erkalten. Es ist also nicht ein ungeheurer Druck, durch welchen das von mir bezeichnete Phänomen die Explosionen erklären kann. Was auf einen etwas beträchtlichen Verzug folgen muß, ist ein plötzlicher, obwohl noch mäßiger Anwuchs des Drucks, begleitet von einem Stofs, einer Erschütterung der ganzen Masse des Gefäßes, deren Wichtigkeit zu schätzen etwas schwierig ist. Zu urtheilen nach dem Effect auf den Apparat §. 2 mit einer Wassermenge, die oft nur 40 bis 50 Grm. betrug, muß dieser Stofs erschrecklich seyn, sobald einige Hunderte von Kilogrammen Wasser ins Spiel kommen.

23. Viele Autoren meinen, daß die Dampfkessel-Explosionen nicht einer bloßen ruhigen Zunahme des Drucks zugeschrieben werden können, und zwar aus zwei Gründen. Zuerst, weil man mehrere sehr genaue, sicher festgestellte Thatsachen hat, wo der Druck gerade im Moment der Explosion schwach war; und zweitens, weil es mehre Beobachtungen giebt, welche zu beweisen scheinen, daß unter Einfluß eines sehr steigenden, aber ruhig bleibenden Drucks die Kesselwände reißen und den Dampf durch den Riß entweichen lassen, ohne daß sie zerspringen und die Stücke fortfliegen. Hr. Audrand hat der Pariser Akademie die Resultate zahlreicher Versuche mit Metallgefäßen mitgetheilt, bei welchen der Luftdruck allmählich oder plötzlich erhöht werden konnte.¹⁾ Er kommt zu dem Schluß, daß

1) *Compt. rend.*, Mai 1855, S. 1062.

durch langsame und regelmässige Zunahme des Drucks niemals eine Explosion entstehe. Wenn man bis zur Gränze des Widerstands der Gefässe gelangt, so entsteht ein Zerreißen an diesem oder jenem Punkt der Wände und das Gas entweicht. Um eine eigentliche Explosion zu erhalten, bedarf es eines gewissermassen instantanen Anwuchses der Spannung; man muß bis 200 Atmosphären gehen, sagt Hr. Audrand. Auf diese Thatsachen gestützt, fügt er hinzu, daß die Dampfkessel-Explosionen durch plötzliche Dazwischenkunft einer fremden Kraft erzeugt werden müssen, und er meint, diese sei die im Kessel entwickelte Elektrizität, welche »unter gewissen Umständen in den Zustand von Explosibilität gerathe.« — Ich begreife nicht recht, was dieser »Explosibilitäts-Zustand« seyn kann; allein was wichtig bleibt in dieser Sache: das sind die Versuche des Verfassers sowohl in Betreff des Widerstandes der Gefässe gegen Explosionen, als in Betreff der Wichtigkeit einer plötzlichen Action für die Zerreißen der Wände. — Hr. K. Hall spricht eine hiermit übereinkommende Meinung aus, indem er sich auf Beispiele, die von Kesseln selbst entleht sind, beruft; er sagt, daß der gewöhnliche Effect der Explosionen, das Zerspringen der Wände in Stücke, erzeugt werde durch eine plötzliche Kraft-Entwicklung und nicht durch eine regelmässige Zunahme des Drucks.¹⁾

In der Theorie, welche ich aufstellte, wäre diese plötzliche Action genau die instantane Entwicklung einer grossen Masse Dampf. Der Stofs, welcher dieselbe nach einem Siedverzuge in einem grossen Volum Wasser begleitet, ist ohne Zweifel fähig, die Wände zu zerreißen, deren Bruchstücke dann vermöge der Spannung des Wasserdampfs mit Schnelligkeit fortgeschleudert werden.

24. Ein Umstand, der einen wahrhaften Zusammenhang zwischen den Dampfkessel-Explosionen und den oben erwähnten Versuchen errichtet, ist: daß die Explosion sehr häufig erfolgt nachdem der Kessel momentan in Ruhe war

1) *Civil Engineer Journ.*, 1856, p. 133. — *Dingler's polytechn. Journ.* 1856, p. 12.

und er angefangen hat zu erkalten, gerade in dem Moment, wo in seiner Masse oder in seiner Nähe eine Erschütterung hervorgebracht ward.¹⁾ — Die Fälle, wo man angiebt, daß sich unmittelbar vor der Explosion das Sicherheitsventil oder die Austrittsröhre des Dampfs geöffnet habe, sind zu zahlreich und zu genau, als daß diese Thatsache nicht einen Bezug zur Ursache der Explosion selbst haben sollte. Wenn man sich des Versuchs im §. 8 erinnert, so muß man einsehen, daß bei einem Kessel, worin sich zufällig ein Siedverzug eingestellt hat, die Oeffnung des Ventils, welches den Dampf zu entweichen erlaubt, genau der Wiederherstellung der Communication mit dem Gefäß A analog ist, sobald der Druck darin geringer war als in der Retorte.

Bei der Explosion zu Chiswick am 16. Juli 1855 war das Sicherheitsventil in gutem Zustand und mit dem normalen Gewicht von 20 Pfund auf den Quadratzoll belastet. Der Kessel war während der Mittagsstunde in Ruhe und die Explosion erfolgte gerade in dem Moment, wo der Mechaniker das Ventil öffnete, um die Maschine von Neuem in Gang zu setzen.²⁾

Am 11. August 1854 geschah in Sheffield eine Explosion. Der Unfall ereignete sich nachdem der Heizer einige Vorkkehrungen getroffen, um das Sicherheitsventil zu öffnen und wahrscheinlich gerade im Augenblick des Oeffnens.³⁾

Aus der gerichtlichen Untersuchung, zu welcher die Explosion des Dampfboots Graham Anlaß gab, ging hervor, daß man in dem Augenblick, wo das Ereigniß geschah, ein Gewicht von 20 Pfund vom Sicherheitsventil abgehoben hatte.⁴⁾

Am 8. Februar 1823 explodirte zu Essone ein Dampf-

1) Die Einführung des Speise-Wassers in einen Kessel, in welchem ein Verzug stattfindet, kann vollkommen das Sieden hervorrufen. Der erste Strahl der sich in die Ruhe des Apparates ergießt, ist sicher fähig das flüssige Gleichgewicht zu zerstören, ganz eben so gut als eine dem Gefäß selbst ertheilte Erschütterung.

2) K. Hall, a. a. O.

3) K. Hall, a. a. O.

4) Arago, *Annuaire pour 1830*.

kessel. Als das Unglück geschah, *öffneten* sich beide Sicherheitsventile und der Dampf trat in Fülle heraus.¹⁾

Zu Lyon zersprang ein Dampfkessel unmittelbar nachdem man einen grossen Hahn geöffnet hatte, durch welchen der Dampf mit Schnelligkeit zu entweichen anfing.²⁾

Am 17. Mai 1856 sprang zu Gent ein Dampfkessel und richtete eine fürchterliche Zerstörung an. Die Explosion erfolgte des Morgens, im Moment da man zum Kessel kam, um ihn in Thätigkeit zu setzen. Die Maschine war *seit dem Abend* zuvor in Ruhe, und während der Nacht liess nichts voraussetzen, dass der Apparat in anomalen Umständen war.³⁾ — Die Umstände bei dieser Explosion sind sicherlich auffallend und die zur Erklärung solcher Unglücksfälle aufgestellten Theorien lassen sich schwerlich auf sie anwenden. Dagegen begreift man ziemlich wohl, wie mir scheint, dass, wenn der Feuerheerd durch Zufall etwas heisser als gewöhnlich war, das Wasser sich weniger abkühlte als der obere Theil des Kessels, welcher den Dampf enthielt. Es musste also vermöge der nächtlichen Ruhe ein Siedverzug entstehen, welcher rasch aufhörte im Moment, da man des Morgens in der Nähe der flüssigen Masse die geringste Erschütterung hervorbrachte.

25. Wenn diese Ansichten über die Ursache der Dampfkessel-Explosionen richtig sind, so folgert sich leicht daraus, dass solche Unfälle desto eher eintreten werden, wenn der Kessel mit einer Flüssigkeit gespeist ist, die noch mehr als gewöhnliches Wasser zu Siedverzügen geneigt ist. Das destillierte Wasser ist, wie man weiss, in diesem Fall; aber besonders ist es die Schwefelsäure, welche die Neigung des Wassers zum Flüssigbleiben sehr erhöht. Eine sehr geringe Menge dieser Säure ist hinreichend, die Siedverzüge viel häufiger und viel beträchtlicher zu machen.⁴⁾

1) Ebendasselbst.

2) Ebendasselbst.

3) Jobard, in den *Comptes rendus*, Mai 1856.

4) Ein etwas fettiges Speisewasser, auf dessen Oberfläche sich während der Ruhe ein Oelhäutchen im Kessel bildete, würde auch mehr zu Siedverzügen geeignet seyn.

ker
ein
St
Ph
die
sch
W
ein
kei
Ur

sch
ein
ver
plo
die
tet
lich
ein
abs

zah
ble
fah
W
den
Sp
Dr
im
den
hof
des
Es
hal
ihn

1)

Neuerlich haben in England (zu Aberdare) zwei Dampfkessel-Explosionen stattgefunden, bei welchen man sich eines schwach gesäuerten Speisewassers bedient hatte.¹⁾ Stücke der Kesselwände, welche Hr. Fairbain in der *Philosophical Society* zu Manchester vorzeigte, waren durch die chemische Wirkung angefressen und diesem Umstand schrieb man natürlich den geringeren Widerstand der Wände zu. Allein es ist unläugbar, dafs das Daseyn eines gesäuerten Wassers im Kessel die Wahrscheinlichkeit eines Siedverzuges vergrößert hatte und demgemäfs die Ursache des Zerspringens seyn konnte.

26. Die vorstehenden Entwicklungen zeigen, wie mir scheint, dafs der Siedverzug des Wassers, erzeugt durch eine vermöge der Erkaltung des Kessels eingetretene Druckverminderung, eine mögliche Ursache der Dampfkessel-Explosionen ist. Man wird vielleicht selbst einsehen, dafs dieses Phänomen die bei solchen Unglücksfällen beobachteten Einzelheiten wohl erklärt. Es ist übrigens sehr möglich und selbst wahrscheinlich, dafs diese Ursache nicht die einzige sei; ich bin weit entfernt zu behaupten, dafs sie absolut auf alle Fälle anwendbar sey.

27. Wenn es ein Siedverzug ist, dem man die Mehrzahl der Dampfkessel-Explosionen zuschreiben kann, so bleibt zu untersuchen, durch welche Mittel sich die Gefahr beschwören liefse. Es würde sich darum handeln, das Wasser am Flüssigbleiben zu hindern, sobald seine Wärme den Punkt übersteigt, welche dem Wasserdampf eine Spannung giebt, die dem auf der Flüssigkeit lastenden Druck gleich ist; es handelte sich also darum, das Sieden immer bei dem Temperatur-Minimum hervorzurufen. Nach den in §§. 4 und 5 beschriebenen Versuchen ist kaum zu hoffen, dafs es möglich sey, einen starren Körper zu finden, dessen Contact das Sieden immer und sicher hervorrufe. Es ist wahrscheinlich, dafs alle durch verlängerten Aufenthalt im heifsen Wasser und nach Entblöfung von der ihnen anhaftenden Gasschicht unwirksam werden. Dagegen

1) *Cosmos*, 1864 April, S. 413.

würde der Contact von Gasen sehr wahrscheinlich ein unfehlbares Mittel zur Verhinderung der Siedverzögerungen sein. Man müßte also, wie schon Hr. Donny gesagt hat, ein Gas in die flüssige Masse hineinbringen, in ihrem Innern Blasen entwickeln oder circuliren lassen. — So gestellt, könnte man von dem Problem verschiedene Lösungen suchen. Nicht die Masse des Gases ist es, worauf es ankommt: eine selbst sehr schwache Entwicklung durch das Wasser hin, wäre vollkommen hinreichend, die Entstehung eines Verzuges zu verhindern. Wäre es möglich an den Dampfkesseln eine Vorrichtung anzubringen ähnlich der, welche ich bei meinen Versuchen anwandte, so glaube ich fast, daß sie hinreichte, ein verzögertes Sieden unmöglich zu machen. Es würde also hinreichen, durch einen elektrischen Strom an zwei isolirten und im unteren Theil des Kessels angebrachten Platinplatten eine Gasentwicklung zu bewirken, welche den Dampf in seiner Function nicht störte und andererseits durch ihren Contact das Sieden immer auf die Minimum-Temperatur herabbrächte. Die Kesselwände selbst könnten als negative Elektrode angewandt werden und man bedürfte bloß einer Platinplatte, dicht an den Wänden in die Flüssigkeit getaucht und metallisch (aber isolirt vom Kessel) in Verbindung mit dem Aeußeren, um eine stetige Elektrolyse in dem Kessel zu haben. Die Anwendung einer jener leicht zu unterhaltenden Säulen, wie die der Telegraphen, würde sehr wahrscheinlich einen hinreichenden Strom geben.

Wenn das Wasser zufällig flüssig geblieben ist, reicht es, wie man im §. 7 gesehen, fast immer hin, demselben eine Bewegung, eine Erschütterung mitzuthellen, um das Sieden hervorzurufen. Wenn man also durch irgend einen Mechanismus eine geringe Bewegung in einem Punkt der flüssigen Masse unterhalten könnte, so würde man wahrscheinlich die schon so geringe Wahrscheinlichkeit eines Siedverzuges noch mehr vermindern.¹⁾

1) Diese Betrachtung äußerte Hr. Prof. Poggenдорff gegen mich in einer Unterredung mit ihm auf der Naturforscherversammlung in Zürich.

VII. Ueber das Verwitterungs-Ellipsoid wasserhaltiger Krystalle; von Dr. Carl Pape.

(Aus den Göttinger Nachrichten, 1865, No. 3, vom Hrn. Verf. übersandt.)

Wenn man mit Wassergehalt krystallisirte Salze freiwillig bei gewöhnlichen oder künstlich bei erhöhter Temperatur verwittern läßt, so beginnt die Verwitterung zuerst an einzelnen Punkten der Krystallflächen und verbreitet sich von diesen aus über die Oberfläche und in das Innere des Krystalls. Die so entstehenden Verwitterungsflecke haben eine sehr scharf begränzte symmetrische, im Allgemeinen elliptische Form und sind mit ihren Axen stets nach Richtungen ausgebildet, die eine krystallographisch ausgezeichnete Bedeutung haben. Die absolute GröÙe der parallelen Flecke ist auf jeder Fläche sehr verschieden; eine Messung der beiden senkrechten Hauptrichtungen hat aber ergeben, daß ihr Verhältniß auf einer und derselben Fläche ein constantes ist, dagegen für krystallographisch ungleichwerthige Flächen verschiedene Werthe hat.

Diese Beobachtung habe ich zuerst am ein- und eingliedrigen Kupfervitriol gemacht. Andere Krystalle der übrigen Systeme haben darauf in ähnlicher Weise dieselbe auffallende Erscheinung in gleicher Regelmäßigkeit gezeigt.

Es schien mir von großem Interesse zu seyn, diese anscheinend directe Abhängigkeit der Form und Richtung der Verwitterungsfiguren von dem Krystallsysteme und dem krystallographischen Werthe der einzelnen Flächen näher zu prüfen, weil eine Bestätigung derselben für die weitere Entwicklung unserer Kenntnisse von der Physik der Krystalle immerhin einen erwünschten Beitrag geliefert haben würde. Meines Wissens besitzen wir bisjetzt keine hierauf bezügliche Angaben, wenn auch vielleicht hier und da die Regelmäßigkeit der Flecke bemerkt ist. Ich habe deshalb die Erscheinung weiter verfolgt und sie zum Gegenstande einer genaueren Untersuchung gemacht, deren erste Resultate im Folgenden enthalten sind.

Es lag bei der beobachteten Regelmäßigkeit der Flecke der Gedanke nahe, daß bei einem Krystalle die Trennung des Wassers von dem bei der Verwitterung zurückbleibenden Salze in der Richtung am schwierigsten seyn werde, in welcher der Krystall vorzugsweise ausgebildet ist und von der man annehmen kann, daß in ihr bei der Bildung des Krystalls die größte Kraft gewirkt hat und der Zusammenhang der stärkste ist. Hiernach würde die Verwitterung am schnellsten in der kleineren, am langsamsten in der größeren Krystallaxe fortschreiten. Man besitzt in dem rechtwinkligen Axensystem, welches man für jeden Krystall so wählen kann, daß er durch dasselbe symmetrisch getheilt wird, Richtungen, durch die man sich nach Lage und Größe die Maxima und Minima der bei der Krystallbildung thätig gewesenen Kräfte ausgedrückt vorstellen kann. Denkt man sich die Verwitterung von einem Punkte im Innern des Krystalls aus möglich, so müßte die verwitterte Masse zu irgend einer Zeit von einer symmetrisch gebildeten Oberfläche umschlossen seyn, deren Mittelpunkt der Verwitterungspunkt wäre und deren Hauptdurchmesser in die Richtung der Krystallaxen fielen. Man würde also die beobachteten Flecke als Durchschnitte dieser Oberfläche mit der betreffenden Krystallfläche ansehen können, und es wäre möglich, die Natur der Oberfläche aus der der beobachteten Verwitterungsfiguren zu bestimmen.

Die ganze Erscheinung der Flecke, ihre Richtung und die regelmäßige Veränderung in dem Werthe ihres Axenverhältnisses mit dem kristallographischen Werthe der Flächen macht die Existenz einer solchen jedem Krystalle eigenthümlichen Oberfläche sehr wahrscheinlich. Am nächsten liegt es, hierfür ein im Allgemeinen dreiaxiges Ellipsoid anzunehmen, weil andere Eigenschaften der Krystalle, wie z. B. ihre Wärmeleitungsfähigkeit nach den verschiedenen Richtungen durch die Durchmesser eines Ellipsoides dargestellt sind. Hiernach müßten die Verwitterungsfiguren im Allgemeinen Ellipsen seyn, so auf allen Flächen der dreiaxigen Krystalle mit Ausnahme derjenigen, welche zufällig

den Kreisschnitten des Ellipsoides parallel wären, auf diesen müßten sie dann Kreise seyn. Bei den Krystallen des viergliedrigen und des sechsgliedrigen Systemes müßten auf den Flächen parallel und geneigt zur Hauptaxe Ellipsoide und auf der Fläche senkrecht zur Hauptaxe, um die der Krystall symmetrisch gebildet ist, Kreise beobachtet werden, weil hier das Ellipsoid ein um diese Axe gebildetes Rotationsellipsoid seyn würde. Endlich, im regulären System würde die Oberfläche eine Kugel seyn und auf allen hier möglichen Flächen müßten Kreise beobachtet werden.

Beobachtungen an Krystallen verschiedener Systeme haben die Ansicht in der angedeuteten Weise bestätigt. So zeigt der reguläre Chromalaun überall Kreise, sowohl auf den Flächen $|111|$, wie auf $|100|$ und $|011|$ ¹⁾. Das viergliedrige Blutlaugensalz zeigt Ellipsen auf $|111|$, Kreise dagegen auf $|001|$. Der zwei- und zweigliedrige Zinkvitriol zeigt auf den beobachteten Flächen $|111|$, $|110|$, $|100|$ und $|010|$ Ellipsen; in gleicher Weise verhält sich das zwei- und zweigliedrige unterschwefelsaure Natron. In den beiden letztgenannten Systemen ist auf den Säulenflächen immer eine der Verwitterungsachsen parallel der Hauptaxe des Krystalls und auf den Octaëderflächen kann immer durch eine Ellipsenaxe, die Flächennormale und die Hauptaxe eine Ebene gelegt werden. Die Gröfsen-Verhältnisse der Axen sind auf den gleichwerthigen Flächen constant, so dafs hier das Verwitterungssystem mit dem krystallographischen zusammenfällt.

In ähnlicher Weise ist die Erscheinung unter anderen auf dem zwei- und eingliedrigen Glaubersalz, Eisenvitriol und unterschwefligsaurem Natron beobachtet, ebenso auf dem ein- und eingliedrigen Kupfervitriol. Bei der im Allgemeinen grofsen Complicirtheit der Formen dieser Systeme läfst sich hier nicht so einfach ein sicherer Schluß ziehen auf die Natur der Verwitterungs Oberfläche und die Lage

1) Bei Bezeichnung der ganzen Krystallform der Fläche und der Zone sind die Indices bezüglich in verticale Striche, runde und eckige Klammern eingeschlossen.

ihres Axensystems zu dem des Krystalls. Nur das ergibt sich sofort, daß ein einfacher Zusammenhang zwischen Richtung und Form der Flecke und den schiefwinkligen Axen nicht besteht, auf die man die Formen dieser Systeme zu beziehen pflegt.

Es bietet also die Untersuchung an Krystallen dieser Systeme ein ganz besonderes Interesse. Diefes ist der Grund in Verbindung mit dem Umstande, daß mir von einem durch seltenen Flächenreichtum ausgezeichneten und deshalb für diese Untersuchung besonders geeigneten Krystalle dieser Systeme, dem zwei- und eingliedrigen Eisenvitriol, besonders schöne Exemplare in größerer Zahl zur Verfügung standen, weshalb ich zuerst an einem dieser zwar allgemeiner, aber deshalb auch schwieriger zu behandelnden Fälle die Ansicht durch ausgedehnte genaue Beobachtung geprüft habe. Eine Bestätigung derselben in diesem allgemeinen Falle würde kaum noch einen Zweifel an der Gültigkeit des aufgestellten Gesetzes auch in speciellen Fällen aufkommen lassen.

Es lassen sich bekanntlich die zwei- und eingliedrigen Formen mathematisch ebenso gut auf ein rechtwinkliges Axensystem als auf das gebräuchliche schiefwinklige beziehen und zwar so, daß sie dann in ihren Haupttheilen als parallellflächige Hemiëdrie des zwei- und zweigliedrigen Systems erscheinen. Diefes rechtwinklige Axensystem erweist sich für die hier betrachtete Erscheinung von Bedeutung. Bei dem Eisenvitriole ist die senkrechte Verbindungslinie der stumpfen Kanten des gewöhnlich beobachteten rhombischen Prismas eine dieser Axen, die beiden übrigen liegen in der durch die scharfen Prismenkanten gelegten Ebene so, daß eine derselben mit der Normale der hinteren schiefen Endfläche zusammenfällt. Die letztere soll als Hauptaxe angenommen werden. Werden die entsprechenden Parameter $B : A : C = 0,3295 : 0,2795 : 1$ gewählt, so sind die gewöhnlich beobachteten Formen: 1) die zweigliedrigen $|111|$, $|124|$ (das rhomb. Hauptprisma), $|122|$ und $|023|$; die eingliedrigen $|101|$, $|104|$, $|102|$ (basische Endfläche), $|904|$, $|010|$ und $|001|$.

Auf sämmtlichen Flächen sind die Flecke mit Hilfe eines Mikrometers bei etwa 20facher Vergrößerung gemessen. Darnach ist zunächst das Axenverhältniß bei allen Flecken derselben Fläche constant, und es ist dasselbe auf parallelen Flächen, die jedenfalls auch in Beziehung auf die Axen der Verwitterungsoberfläche gleichwerthig sind. Sodann läßt sich stets durch eine der Axen und die Normale der Fläche eine der Krystallaxe c , also der Normale von (001), parallele Ebene legen. Hiernach fällt eine der Axen der Verwitterungsoberfläche mit der Krystallaxe c zusammen. Die Gleichheit der Axenverhältnisse auf zwei gleichwerthigen nicht parallelen Flächen, deren Kante in der Ebene Ac oder Bc liegt, z. B. (124) und (124) zeigt ferner, daß auch die zweite und dritte Axe der Oberfläche jede mit einer der zwei übrigen Krystallaxen zusammenfällt.

Nach der Feststellung des völligen Zusammenfallens dieser zwei verschiedenen Axensysteme handelt es sich weiter darum, ob die Verwitterungsoberfläche ein Ellipsoid oder eine andere centrale Oberfläche sey. Im ersteren Falle muß die Combination der beobachteten Axenverhältnisse von Flecken zweier beliebiger ungleichwerthiger Flächen bei Einführung der Annahme, daß die Flecken Ellipsen seyen, für das Verhältniß der drei Hauptaxen der Oberfläche denselben Werth geben, den die Beobachtung auf den Flächen (001) und (010) direct giebt. Die auf diesen Flächen beobachteten Axenverhältnisse sind $a:b = 1,192$ und bezüglich $a:c = 1,697$, also die drei Hauptaxen der Oberfläche $a:b:c = 1,697:1,424:1$. Auf den übrigen Flächen ist das Verhältniß der einen Axe zu der, welche mit der Krystallaxe c und der Flächennormale in einer Ebene liegt, folgendes: 1) [111]:1,433, 2) [124]:1,433, 3) [122]:1,493, 4) [033]:1,596, 5) [101]:1,344, 6) [104]:0,907, 7) [102]:1,271, 8) [904]:1,400. Die Fläche (904) ist der Ebene bc fast parallel und giebt also den Werth $b:c$ fast direct; es stimmt derselbe mit dem aus den Beobachtungen auf (001) und (010) berechneten Werthe.

Wenn $c = 1$ beibehalten wird, so giebt die Combina-

tion der Beobachtungen z. B. auf $|102|$ und $|010|$: $b=1,378$ auf $|101|$ und $|010|$: $b=1,377$, auf $|904|$ und $|010|$: $b=1,407$ auf $|904|$ und $|023|$: $a=1,678$, auf $|111|$ und $|023|$: $a=1,668$, $b=1,338$, auf $|111|$ und $|124|$: $a=1,617$, $b=1,358$, auf $|102|$ und $|023|$: $a=1,679$, $b=1,396$.

Hiernach dürfte die Existenz eines Verwitterungsellipsoides als feststehend betrachtet werden können. Eine weitere Bestätigung giebt noch Folgendes. Wenn ein Ellipsoid besteht, so muß eine der b -Axe parallele, bei Zugrundelegung der Werthe $a:b:c=1,697:1,407:1$, gegen die Fläche (001) unter einem Winkel von $150^\circ 33'$ geneigte Ebene die Verwitterungsoberfläche in Kreisen schneiden. Diese Ebene kommt als Krystallfläche (als solche $= (106)$) zwar nicht vor, aber die gegen (001) unter 138° geneigte Fläche (104) liegt ihr sehr nahe, und das auf dieser beobachtete Axenverhältniß $0,907$ ist nicht mehr sehr weit von der Einheit entfernt. Man sieht außerdem an der Art, wie sich das Axenverhältniß auf den Flächen der Zone $[010]$ von (904) bis (001) ändert, daß Kreisschnitte möglich sind.

Die über die Ursache der beobachteten Erscheinung mitgetheilte Ansicht findet in sofern ihre Bestätigung, als hier die kleinere Verwitterungsaxe mit der größeren krystallographischen zusammenfällt. In der Ebene ab stehen die Längen der beiderlei Axen gerade im umgekehrten Verhältniß. Ein allgemeines Gesetz über den Größenzusammenhang zwischen den verschiedenen Axen läßt sich nach den vorliegenden Beobachtungen noch nicht übersehen, ein sehr einfaches wird es indess kaum seyn. Es läßt sich nur vermuthen, daß die Verwitterungsaxen sich in den Fällen umgekehrt wie die Krystallaxen verhalten werden, in welchen die verwitterte Masse völlig wasserfrei ist, was beim Eisenvitriol nicht der Fall ist.

Für die allgemeine Gültigkeit des aufgestellten Gesetzes auch bei den übrigen Systemen sprechen bereits vorliegende aber noch nicht abgeschlossene Beobachtungen an verschiedenen Krystallen. Man wird also für jeden wasserhaltigen und verwitterungsfähigen Krystall ein Ellipsoid

angeben können, dessen Axen mit denen des Krystalls zusammenfallen und dessen Oberfläche zu irgend einer Zeit die nach verschiedenen Richtungen verschieden rasch fortgeschrittene Verwitterung begränzt. Wie schon bemerkt würde sich diels Ellipsoid beim viergliedrigen Systeme auf ein Rotationsellipsoid, beim regulären Systeme auf eine Kugel reduciren.

Ebenso wie beim viergliedrigen Systeme sollte man erwarten, auch beim sechsgliedrigen Systeme ein Rotationsellipsoid zu beobachten. Nach den vorliegenden Beobachtungen verhalten sich die Krystalle dieses Systemes aber auffallender Weise in Beziehung auf die Verwitterung wie regulär krystallisirte Körper. Beim sechsgliedrigen unterschwefelsauren Bleioxyd, dessen krystallographische Axen sehr verschiedene Werthe haben, sind nämlich sowohl auf der Endfläche, wie auch auf den Flächen des Grundrhomboëders und des ersten stumpferen Rhomboëders sehr scharf abgegränzte genaue Kreise beobachtet; die Verwitterungsoberfläche muß also hier eine Kugel seyn. Die Beobachtung der Verwitterungsfiguren an anderen Krystallen des sechsgliedrigen Systemes wird es entscheiden müssen, ob eine so genaue Uebereinstimmung im inneren Bau der regulären und sechsgliedrigen Krystalle allgemein besteht, wie es nach dieser Beobachtung der Fall ist. Es ist indess kaum daran zu zweifeln, ungeachtet der sonst so verschiedenen Eigenschaften der Krystalle beider Systeme, und es spricht nächst den genauen Messungen an dieser einen Substanz noch der Umstand sehr dafür, daß sich die Formen des regulären Systemes als specielle Fälle einzelner oder von Combinationen mehrerer Formen des sechsgliedrigen Systemes ansehen lassen.

Es scheint die Feststellung dieser directen Abhängigkeit der Zersetzung wasserhaltiger Salze nach Richtung und Ausdehnung von ihren Krystallaxen ein allgemeineres Interesse gewinnen zu können. Der Nachweis des neuen Axensystems hat an und für sich Interesse; einmal ist es, nächst dem krystallographischen Axensysteme, das einzige

welches sich unmittelbar beobachten läßt, und dann ist dadurch ein neuer Weg zur weiteren Erforschung der Natur krystallisirter Körper angedeutet. Sodann dürften hiernach die letzten principiellen Bedenken schwinden, die man noch gegen die allgemeine Anwendung rechtwinkliger Axensysteme bei Betrachtung der Krystallformen geltend gemacht hat, da nach den Verwitterungserscheinungen, abgesehen von den anderen Gründen, die dafür sprechen, ein solches

das allein naturgemäße seyn muß. Es ist wahrscheinlich, daß die hier beobachtete Gesetzmäßigkeit eine weit größere Allgemeinheit besitzt, als es auf den ersten Blick scheinen mag. Sie wird sich aller Wahrscheinlichkeit nach nicht auf die Verwitterung, auf die Trennung des chemisch gebundenen Wassers von einem Körper beschränken, sondern in ganz ähnlicher Weise sich überall da wiederfinden, wo von einer krystallisirten chemischen Verbindung ein Bestandtheil durch irgend welche gleichmäßig und constant wirkende Ursache, mag sie nun Wärme oder sonst Etwas seyn, getrennt wird. Es ist auch möglich, daß jeder chemische Angriff einer krystallisirten Substanz, einerlei ob ein Bestandtheil zurückbleibt oder nicht oder ob ein Körper neu hinzutritt, nach Größe und Richtung ein ganz ähnliches, vom Krystallsysteme abhängiges Gesetz befolgt. Die interessanten Beobachtungen Leydolt's ¹⁾ an geätztem Quarz und anderen Mineralien, bei denen eine gewisse Aehnlichkeit mit der hier besprochenen Erscheinung nicht zu verkennen ist, deuten darauf hin. Jedenfalls werde ich mich bemühen, die Erscheinung in dem angedeuteten Sinne weiter zu verfolgen, sobald die fortschreitende Untersuchung über die Verwitterung wasserhaltiger Krystalle bei allen Systemen zu einem befriedigenden Abschlusse gebracht ist.

1) Wien. Akad. Ber. 1855 und 1856.
 der Krystallform von Quarz.
 Anordnung von Krystallen.
 Gewinn zu können.
 Anordnung hat zu und ist interessant; einmal ist es
 nach dem krystallinischen Ansehen, das einige

VIII. Distanzmesser ohne Standlinie und ohne Winkelmessung; von Dr. H. Emsmann.

Es scheint ein Distanzmesser ohne Standlinie und ohne Winkelmessung in die Kategorie der Messer ohne Stiel und Klinge zu gehören; indessen trage ich trotzdem kein Bedenken mit meinem Vorschlage an die Oeffentlichkeit zu treten, da ich die Ueberzeugung von der Realisirbarkeit desselben durch Versuche gewonnen habe.

Die bisherigen Bestrebungen, Distanzmesser zu construiren, kommen immer auf Winkelmessung, sey es direct oder indirect, hinaus und sind daran gescheitert, indem ihre Tragfähigkeit nur eine beschränkte war. Am vollständigsten findet sich die hierauf bezügliche Literatur in der Encyclopaedie der Physik von G. Karsten, Band I. S. 551—553, die ich nur noch durch den Distanzmesser von G. Klöckner ergänzen kann. Die kleine von demselben handelnde Schrift ist ohne Jahreszahl, aber die angefügte Anzeige des Mechaniker Joh. Leopolder in Wien, welcher diesen Distanzmesser anfertigt, ist datirt: Wien, am 28. Juli 1862. Die Schrift ist in Wien erschienen mit der Bezeichnung: Druck und Papier von Leopold Sommer. Ich bemerke in Betreff dieses Distanzmessers nur, daß derselbe im Grunde eine weitere Ausführung des früher von mir in diesen Annal. Bd. CVI. S. 504 vorgeschlagenen Distanzmessers ist, der sich auf die Beobachtungsmethode gründet, welche man bei Ermittlung der Entfernung der Fixsterne befolgt hat.

Das Princip, auf welches sich mein neuer Vorschlag gründet, kommt darauf hinaus, die Stelle zu ermitteln, an welcher sich ein von dem seiner Entfernung nach zu bestimmenden Gegenstande erzeugtes physisches Bild am klarsten darstellt.

Die Stelle des Bildes, welches ein Convexglas oder ein Concavspiegel erzeugt, ist bekanntlich von der Entfernung

des Objectes abhängig. Folgende kleine Tabelle zeigt, um wieviel Linien ($1'' = 12'''$) dies Bild in den angegebenen Entfernungen des Objects jenseits des Brennpunktes liegt, wenn die Brennweite des Objectivs $30''$ beträgt.

Entfernung des Objects		Abstand des Bildes in Linien
Schritt	Fuß	
50	120	7,66
100	240	3,789
150	360	2,513
200	480	1,884
250	600	1,506
300	720	1,254
350	840	1,074
400	960	0,94
450	1080	0,835
500	1200	0,752

Dies von dem Objective erzeugte Bild kann als Object für ein Convexglas benutzt werden, wie dies auch in dem astronomischen Fernrohre geschieht. Bei diesem Fernrohre steht aber das Bild des Objectives innerhalb der vorderen Brennweite des convexen Oculars. Befindet sich nun dies Bild außerhalb der Brennweite eines Convexglases, so entsteht ein physisches Bild von dem Bilde in der Stellung des Objectes hinter dem Convexglase und zwar in um so größerer Entfernung, je näher das von dem Objective erzeugte Bild an dem Brennpunkte des Oculars steht.

Berechnet man bei ungeändertem Abstände dieses Convexglases von dem Objective den Ort des zweiten Bildes, so rückt dies immer näher dem hinteren Brennpunkte des sogenannten Ocularglases, je weiter das Object sich entfernt. Es liegt nun der Gedanke nahe, dies zweite Bild durch ein ferneres Convexglas, welches wie eine Lupe wirkt, zu betrachten, oder auch nur auf einem mattgeschliffenen Glase, welches sich in einem dunklen Raume befindet, wie bei Einstellung der photographischen Apparate, aufzufangen. Behalten das Objectiv und das Ocularglas denselben Abstand, so muß die Lupe oder das mattgeschliffene Glas für eine bestimmte Stellung des Objectes

auch eine bestimmte Stelle einnehmen, und aus dieser Stelle ergibt sich wieder die Entfernung des Objectes.

Dies ist der leitende Gedanke bei meinem Vorschlage. Dabei stößt man indessen auf manche Schwierigkeiten, die noch zu beseitigen sind.

Zunächst bemerke ich, daß sich ein als Lupe wirkendes Glas nicht als praktisch bewährt hat, wohl aber die mattgeschliffene Glasscheibe. Zu den noch zu überwindenden Schwierigkeiten gehört erstens, daß das von dem Ocularglase erzeugte Bild um so größer ausfällt und um so weiter absteht, je näher das von dem Objective erzeugte Bild dem Brennpunkte des Oculars steht. Diese Vergrößerung und dieser weite Abstand kann ein Maafs überschreiten, welches die ganze Ausführung vereitelt. Es ist daher festzusetzen, bis zu welchem Abstände hinter dem Ocularglase das Bild nur höchstens zu Stande kommen darf, damit ein passendes Maafs nicht überschritten werde. Als Maximum habe ich 20 Zoll gesetzt und diese Annahme durch Versuche auch als statthaft erkannt. — Zweitens ist eine Schwierigkeit, daß bei zunehmender Entfernung des Objectes die Ortsveränderung des auf der matten Glasscheibe aufzufangenden Bildes schließlicly ungemein klein wird. Es ist dies derselbe Uebelstand, welcher bisher die Distanzmesser nur bis auf geringe Tragweite ausführbar gemacht hat. Diesen Uebelstand habe ich dadurch beseitigt, daß ich mir als Minimum der Verschiebung der matten Glasscheibe, also der Ortsveränderung des aufzufangenden Bildes, bei einer Entfernungszunahme des Objectes von 50 Schritt oder 120 preufs. Fufs, eine Linie gesetzt habe. Hierdurch erreicht man die Bestimmungsstellung des Objects bei einem gewissen Abstände des Ocularglases von dem Objective bis zu einer gewissen Gränze hin. Um nun noch größere Entfernungen bestimmen zu können, ist nur nöthig dem Ocularglase eine andere Stellung zu dem Objective zu geben, so daß nicht nur die erste Bedingung wegen des Abstandes des aufzufangenden Bildes hinter dem Ocularglase von höchstens

20 Zoll erfüllt ist, sondern auch von da ab ein neues Messen von einer noch innerhalb der ersten Gränze liegenden Entfernung ab bis zu einer ferner liegenden Gränze möglich wird.

Es ist klar, daß man dies Verfahren mehrmals wiederholen und zu immer größeren Entfernungsbestimmungen fortschreiten könnte. Hierbei stellt sich indessen wieder eine Schwierigkeit in den Weg, daß nämlich schliesslich keine Ortsveränderung von einer Linie auf 50 Schritt durch dasselbe Objectiv und Ocular sich erreichen läßt und die Tragweite des Instrumentes also aufhört. Um indessen auch dem abzuhelpen und eine noch größere Tragweite zu ermöglichen, bedarf es nur eines neuen Instrumentes von größerer Brennweite des Objectivs bei demselben Oculare, welches noch innerhalb der äußersten Gränze des ersten Instrumentes seine Messungen beginnt und sich an das schwächere, gewissermaßen wie sich Araemeter mit ihren Scalen an einander reihen, anreihet, oder man setzt bei gleichbleibendem Objective ein Ocularglas von geringerer Brennweite ein in der Weise, wie dies bei den Feldstechern zur Ausführung gebracht wird.

Ich gebe nun zur Veranschaulichung die Berechnung eines derartigen Distanzmessers mit einem Objective von 30 Zoll und einem Ocularglase von 1 Zoll Brennweite, weil ich gerade diese Combination mit Hülfe eines Münchner Fernrohres von 30 Zoll Brennweite des Objectivs, an welches ich ein Ocularglas von 1 Zoll Brennweite einsetzte, zu prüfen Gelegenheit gehabt habe.

Entfernung des Objectes		Stand des Objectivbildes hinter dem Brennpunkte	Stellung der matten Glasscheibe hinter dem Ocular in Linien bei einem Stande des Oculars hinter dem Brennpunkte des Objectivs von		
Schritt	Fufs	Linie	15",2	13",6	13"
50	120	7,66			
100	240	3,789			
150	360	2,513	221,6		
200	480	1,884	121,4		
250	600	1,506	97,0		

(Fortsetzung der Tafel.)

300	720	1,254	86,0		
350	840	1,074	79,7		
400	960	0,94	75,7	230,2	
450	1080	0,835	73,3	200,2	
500	1200	0,752	70,8	181,8	
550	1320	0,683	69,2	169,0	
600	1440	0,626	67,9	159,8	
650	1560	0,578	66,9	152,9	
700	1680	0,536		147,3	
750	1800	0,500		143,0	
800	1920	0,469		139,3	
850	2050	0,441		136,2	
900	2160	0,417		133,7	
950	2280	0,395		131,5	
1000	2400	0,375		129,5	
1050	2520	0,357		127,8	235,9
1100	2640	0,341		126,37	230,5
1150	2760	0,326		125,03	225,6
1200	2880	0,312		123,8	221,3
1250	3000	0,300		122,7	217,7
1300	3120	0,288			214,2
1350	3240	0,278			211,4
1400	3360	0,268			208,7
1450	3480	0,259			206,3
1500	3600	0,250			204,0
1550	3720	0,242			201,9
1600	3840	0,234			200,0
1650	3960	0,227			198,3
1700	4080	0,220			196,7
1750	4200	0,214			195,2
1800	4320	0,208			193,8
1850	4440	0,202			192,4
1900	4560	0,196			191,3
1950	4680	0,192			190,2
2000	4800	0,187			189,1

Das Instrument trägt, wenn das Ocularglas 15^{mm},2 hinter dem Brennpunkte des Objectivs seine Stelle hat, von 150 bis 650 Schritt, wobei bis zu 500 Schritt hin schon auf je 25 Schritt Entfernungszunahme eine Ortsveränderung der Scheibe von über einer Linie eintritt; bei 13^{mm},6 Abstand des Ocularglases von dem Brennpunkte des Objectivs geht die Tragweite von 400 bis 1250 Schritt und zwar bis zu 1000 Schritt hin mit wenigstens einer Linie Verschiebung auf eine Entfernungszunahme von 25 Schritt; bei einem Stande des Oculars von 13^{mm} arbeitet das Instrument von

1050 bis 2000 Schritt und zwar bis 1550 Schritt auf je 25 Schritt mit einer Verschiebung der Scheibe von wenigstens einer Linie. Das Instrument trägt also auf 2000 Schritt oder $\frac{1}{2}$ Meile mit einer Verschiebung der matten Scheibe von einer Linie auf 50 Schritt oder bis 1550 Schritt mit einer ebenso großen Verschiebung auf je 25 Schritt.

Ein Instrument mit einem Objective von 36" und einem Oculare von 1" Brennweite würde in gleicher Weise $\frac{1}{2}$ Meile weit tragen, nämlich bei einem Stande des Oculars von 13",6 von 600 Schritt bis 1650, und bei einem Stande desselben von 13" von 1500 bis 2500 Schritt und zwar im ersten Stande bis zu 1250 Schritt und im zweiten bis zu 1950 Schritt mit einer Verschiebung der Scheibe von einer Linie auf je 25 Schritt Entfernungszunahme des Objectes.

Die von mir hier gegebene Berechnung für ein Objectiv von 30" und ein Ocular von 1" Brennweite soll nur als Beispiel dienen. Es leuchtet ein, daß man die Tragfähigkeit noch weiter treiben kann, und steht auch zu erwarten, daß die vielleicht sonst noch bei den ersten Ausführungen meines Vorschlags sich geltend machenden Uebelstände sich wohl werden überwinden lassen. Zunächst möchte ich meinen Vorschlag für Strandbatterien empfehlen, wo es darauf ankommt, ein feindliches Schiff zu beschießen. Bei Belagerungen hat man Zeit, um mittelst einer Standlinie die Entfernung des zu beschießenden Zieles zu ermitteln.

Das oben berechnete Instrument würde eine Länge von etwa $5\frac{1}{2}$ Fuß erreichen und auf einem Stative mit verticaler und horizontaler Bewegung mittelst einer Nufs ruhen. Wegen der näheren Einrichtung dürfte ein ausführender Optiker eher das Richtige und Zweckmäßige treffen als ich selbst. Nur bemerke ich, daß eine Einstellung des Ocularglases mittelst einer gezahnten Stange ausreicht, und daß ebenso die Verschiebung der matten Glasscheibe sich durch eine solche, die gleichzeitig die Entfernungsscala enthalten müßte, wird mit ausreichender Genauigkeit bewerkstelligen lassen. Die Glasscheibe erhält höchstens einen Durchmesser von 6 Zoll, wie ich mich durch meine Ver-

suche
sich
der
so d
20 7
Glas
satz

St

IX.

In

pag.

wohl

wech

die

richt

vidu

leich

kom

Dies

durch

Bele

sehr

Str

des

die

wer

roth

ersch

Tus

Esel

mir

suche überzeugt habe. Hinter dem Ocularglase erweitert sich das Instrument und die Glasscheibe befindet sich an der letzten mehrerer in einander verschiebbaren Röhren, so daß eine Verschiebung der Scheibe von 5 Zoll bis 20 Zoll von dem Oculare möglich wird. Das von der Glasscheibe geschlossene Ende erhält einen konischen Ansatz mit einer Ocularöffnung.

Stettin, im October 1864.

**IX. *Notiz, betreffend mangelnden Farbensinn;
von Dr. Burkhardt.***

In den Monatsberichten der Berliner Akademie 1864 pag. 667—668 berührt Hr. Dove die Frage, welche Farbe wohl ein Individuum sehe, welches die auffallendsten Verwechslungen in den Farbentönen mache; und beantwortet die Frage in derselben Weise, wie schon in denselben Berichten 1852 pag. 78; er glaubt nämlich, ein solches Individuum sehe wahrscheinlich die Mischfarbe, welche man leicht mittelst eines Prismenstereoskopes, wohl noch vollkommener mit einer rotirenden Scheibe erhalten könne. Diese Ansicht scheint nun einigen Thatsachen gegenüber durchaus unhaltbar. Ich will für diese Behauptung einige Belege anführen. Es giebt Daltonisten — ich glaube in sehr großer Zahl —, welche für die wenigst brechbaren Strahlen unempfindlich sind, so sehr, daß das eine Ende des Spectrums für sie tief in das brennendste Roth fällt; die auf das Auge fallenden rothen Strahlen des Spectrums werden nicht wahrgenommen. Ein auf Papier getragener rother Farbton, in welchem Blau und Gelb sich aufheben, erscheint einem solchen Auge genau in der Farbe von Tusche, die Farbe der Rose ungefähr von der Farbe des Esels. Ein dunkelrothes Quadrat in einem schwarzen hat mir ein Daltonist als ein ganz schwarzes in einem weniger

dunkelschwarzen bezeichnet. Theilt man durch tiefblaue Gläser ein Spectrum in ein rothes und ein blaues, so erkennt der Daltonist das rothe Spectrum, objectiv und subjectiv betrachtet, nicht. Das äußerste Roth fehlt für sein Auge. Roth erscheint ihm farblos oder schwarz, hellroth grau.

Wenn man nun irgend welche Farben so zusammensetzt, daß in der einen Farbe Roth, in der andern ein Aequivalent Schwarz oder Grau sich befindet, so verwechselt der Daltonist beide Farben, mischt man diese beiden unter sich in beliebigen Verhältnissen, so verwechselt er diese Mischungen mit den zuerst erzeugten Farben wieder, was er aber immer wahrnimmt, ist die Grundfarbe mit Schwarz vermischt. Was soll er sonst wahrnehmen? Wenn er z. B. drei Farben: *a* ziegelroth, *b* olivegrün, *c* rostbraun verwechselt, welche Mischfarbe sollte er da wahrnehmen, die, welche aus olivegrün und rostbraun gebildet sind, oder die, welche aus ziegelroth und rostbraun entsteht? Beide sind sehr verschieden, werden aber wiederum verwechselt. Er nimmt sehr wahrscheinlich keine dieser Mischfarben wahr, sondern sieht Schwarzgelb. Aus dem einen Umstande, daß der Daltonist nicht jedes Mal nur zwei Farben, sondern ganze Farbenreihen verwechselt, welche unter sich sehr verschiedene Mischfarben geben, folgt nothwendig, daß er nicht irgend eine dieser Mischfarben wahrnimmt.

Ich will mich darauf beschränken, die Unhaltbarkeit der Ansicht gezeigt zu haben, daß der Daltonist die Mischfarbe der verwechselten Farben wahrnehme und meine Ansicht über andere Factoren, welche zur unrichtigen Beurtheilung der Farben beitragen, nicht weiter auseinander setzen, nur eins noch beifügen, daß Daltonisten in der Regel leichte Farbentöne auf gelben Farben, wie Gelb nicht leicht erkennen.

Basel, im Februar 1865.

X. Ueber die Berechnung der Dichtigkeit des gesättigten Wasserdampfes; von R. Clausius.

Früher wandte man bekanntlich, um die Dichtigkeiten oder die Volumina des gesättigten Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen zu berechnen, allgemein das Mariotte'sche und Gay-Lussac'sche Gesetz auf den Dampf an, indem man selbst in den wenigen Fällen, wo sich bei experimentellen Untersuchungen eine Abweichung ergeben hatte, es zweifelhaft liefs, ob diese nicht durch eine kleine Menge flüssigen Wassers, welche sich an den Wänden des Gefäfses niedergeschlagen habe, veranlafst sey¹⁾. Da machte ich es mir in meiner in diesen Annalen vom Jahre 1850 veröffentlichten Untersuchung zur speciellen Aufgabe, mit Hülfe des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie das Verhalten des gesättigten Wasserdampfes, ob und in wie weit er vom Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze abweiche, zu prüfen. Ich fand dabei, dafs sehr beträchtliche Abweichungen stattfinden müssen, welche ich, soweit es mir zum Verständnisse nothwendig schien, in Formeln und Zahlen ausdrückte. Unter andern gab ich für die Dichtigkeit des Wasserdampfes, verglichen mit atmosphärischer Luft von gleicher Temperatur und unter gleichem Drucke (welche Dichtigkeit, wenn das Mariotte'sche und Gay-Lussac'sche Gesetz für den Dampf ebenso, wie für die Luft, gültig wäre, bei allen Temperaturen gleich seyn müfste), folgende kleine Tabelle, worin t die Temperatur und d die entsprechende Dichtigkeit bedeutet²⁾:

t	0°	50°	100°	150°	200°
d	0,622	0,631	0,645	0,666	0,698

1) Siehe Regnault, *Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. XV*, p. 148.

2) Diese Ann. Bd. LXXIX, S. 520 und Sammlung meiner Abhandlungen S. 72.

Mit diesem Resultate stand ich damals ganz isolirt, und es bildete sogar den Ausgangspunkt von Einwänden gegen meine Theorie, indem man meinte, daß ein solches den allgemein verbreiteten Ansichten widersprechendes Resultat auch zu Zweifeln über die Schlussweise, welche mich zu demselben geführt hat, berechtige. In dem Pouillet-Müller'schen Lehrbuche der Physik, dessen vielfache Vorzüge ihm mit Recht eine weite Verbreitung verschafft haben, wurden noch in der Auflage von 1858, ohne auf das von mir gefundene Resultat Rücksicht zu nehmen, für die Volumina des gesättigten Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen die nach dem Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze berechneten Zahlen angeführt.

Erst in der vor Kurzem erschienenen neuesten Auflage dieses Lehrbuches ist jenem Ergebnisse der mechanischen Wärmetheorie, welches sich allmählich in der wissenschaftlichen Welt mehr und mehr Anerkennung erworben hat, Rechnung getragen; aber hier wird es nun in folgender Weise erwähnt. Nachdem (Th. II., S. 646) von einigen Beobachtungen, welche auf eine Abweichung des Dampfes vom Mariotte'schen und Gay-Lussac'schen Gesetze schließen lassen, die Rede gewesen ist, heißt es weiter: »Diese Erfahrungsresultate stimmen vollkommen mit den Ergebnissen der *mechanischen Wärmetheorie* überein. Nach der Berechnung von Zeuner, auf deren Auseinandersetzung wir hier nicht weiter eingehen können, enthält die folgende Tabelle (Auszug aus der vollständigeren Zeuner'schen) die zusammengehörigen Werthe der Spannkraft, Temperatur und Dichtigkeit des gesättigten Wasserdampfes.« Es folgt dann die Tabelle.

Hier wird also das Resultat, welches ich gefunden und jahrelang allein vertreten habe, ohne Nennung meines Namens mitgetheilt, und nur Zeuner wird genannt, welcher in dieser Sache nichts weiter gethan, und, soviel ich weiß, auch nie etwas Anderes für sich in Anspruch genommen hat, als daß er dieselbe Gleichung, welche in meiner Ab-

handlung vom Jahre 1850 unter (Va.) gegeben ist,¹⁾ und auf welche meine Schlüsse gegründet sind, zehn Jahre später²⁾ zur Berechnung einer Tabelle benutzt hat, wobei er nur noch, der leichteren numerischen Rechnung wegen, eine Näherungsformel gebildet hat,³⁾ deren Begründung ebenfalls einzig und allein darin besteht, daß ihre Zahlenwerthe mit den aus der Gleichung (Va.) hervorgehenden übereinstimmen.

Ich muß gestehen, daß diese Art ein Ergebniss meiner Untersuchungen anzuführen, mich um so mehr befremdet hat, je mehr ich Hrn. J. Müller als physikalischen Schriftsteller hochschätzte. Man kann freilich dem Verfasser eines Lehrbuches keine Vorschriften darüber machen, in wie weit er bei Besprechung neu gewonnener Resultate die betreffenden Autoren namhaft zu machen hat; aber wenn er einmal bei einem Resultate einen Namen anführt, so halte ich es für ein einfaches Erforderniss der Gerechtigkeit, daß er dann auch den Namen desjenigen, von dem es eigentlich ausgeht, nicht verschweigt.

Zürich, 20. Februar 1865.

XI. Ueber eine neue Silbertitrimethode; von Dr. Hermann Vogel.

Die gewöhnliche Gay-Lussac'sche Silbertitrimethode hat bekanntlich den Uebelstand, daß man den Endpunkt der Fällung nur schwierig wahrnehmen kann. Man hat diesen Mangel durch Zusatz von chromsauren Kali als Indicator abzuheffen versucht. Dieser ist jedoch bei sauren Flüssigkeiten nicht anwendbar, andererseits erfordert er bei

1) Diese Ann. Bd. LXXIX, S. 508 und Sammlung meiner Abhandlungen S. 58.

2) Grundzüge der mechanischen Wärmethorie, Freiberg 1860, und etwas später im *Civilingenieur* noch eine Tabelle nebst Erläuterungen.

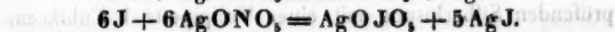
3) Grundzüge etc. S. 88, Gleichung (96).

Fällung von Silberlösungen durch Kochsalz ein Ueberschreiten des Sättigungspunktes und Zurücktitriren mit Zehntel-Silberlösung, bis die rothe Farbe des chromsauren Silberoxyds erscheint. Dadurch wird die Methode complicirter. Dann ist dieser Fällungsmethode außerdem der Vorwurf zu machen, daß sie bei *Gegenwart organischer Substanzen* ungenau ist. Dieselben hindern die Fällung des Chlorsilbers, wie man vergleichungsweise schon in sehr auffallendem Grade qualitativ beobachten kann, wenn man zwei gleiche Proben *sehr* verdünnter Silberlösung einerseits mit vielem Wasser, andererseits mit ebenso viel klarer Stärkelösung verdünnt und beide mit Salzsäure versetzt.

Nun ist eine leichte und bequeme Methode der Silberbestimmung jetzt von besonderer Wichtigkeit für die Photographie, wo Silberlösungen eine wichtige Rolle spielen. Ich suchte deshalb nach einer andern Titrimethode, welche von genannten Uebelständen frei ist und den Sättigungspunkt in auffallender Weise erkennen läßt. Ich fand diese in der Anwendung von *Iodkalium* als Fällungsmittel und von *salpetrige Säure* haltiger Salpetersäure und *Stärke* als *Indicator*.

Setzt man Iodkaliumlösung zu Silberlösung, so entsteht bekanntlich ein Niederschlag von Iodsilber; setzt man Iodkalium zu einer Mischung von salpetrige Säure haltiger Salpetersäure und Stärke, so färbt sich die Flüssigkeit augenblicklich blau unter Bildung von Iodstärke. Mischt man nun Silberlösung mit Salpetersäure und Stärkelösung, so gehen beide Processe gleichzeitig vor sich; es bildet sich Iodsilber, welches sich niederschlägt, und Iodstärke, welche die ganze Flüssigkeit blau (oder blaugrün) färbt. *Diese Färbung verschwindet aber, so lange noch die geringste Spur Silberlösung im Ueberschuß vorhanden, beim Umschütteln augenblicklich.* Hat man aber bei weiterem Zusatz von Iodkalium den Punkt erreicht, wo alles Silber gefällt ist, so färbt ein *einziger Tropfen* Iodkaliumlösung im Ueberschuß die Flüssigkeit *dauernd* blau oder blaugrün.

Es bleibt sich hierbei für das Endresultat völlig gleich, ob die Fällung durch Iod direct oder indirect vor sich geht, denn in allen Fällen wird durch ein Atom Iod ein Atom Silber niedergeschlagen.



Für die photographische Praxis, wo es hauptsächlich darauf ankommt, den Procentgehalt an Silbernitrat in einer Silberlösung zu erfahren, habe ich die Probe folgendermaßen eingerichtet:

1) Iodkaliumlösung.

10 Gramm chemisch reines wohl getrocknetes Iodkalium werden in eine Literflasche gethan, in Wasser gelöst, bis zur Marke verdünnt und dann noch 23,4 Wasser aus einer Pipette hinzugegeben. So erhält man eine Flüssigkeit, von der 1 Cubikcentimeter *genau* 0,01 Gramm Silber anzeigt. Iodkalium kommt jetzt allgemein in solcher chemischer Reinheit im Handel vor, daß es unmittelbar zur Titerstellung verwandt werden kann.

Ist man der chemischen Reinheit nicht sicher, so probire man die Flüssigkeit mit einer Silberlösung, die in 100 Cubikcent. genau 10 Gramm Silbernitrat enthält und stelle danach den Titer. Für feinere Proben würde man einer zehnfach verdünnten Lösung bedürfen.

2) Salpetrige Säure haltige Salpetersäure.

1 Gramm chem. rein. Eisenvitriol wird in 1000 Gramm chem. rein. Salpetersäure von 1,2 spec. Gew. gelöst. Nach längerer Zeit wird die Säure mitunter unwirksam d. h. sie färbt sich mit Iodkalium und Stärke nicht mehr blau. Man kann sie aber augenblicklich durch Zusatz einiger Bröckchen Eisenvitriol wieder wirksam machen.

3) Stärkelösung.

1 Theil Stärke mit 100 Theilen Wasser auf bekannte Weise gebrüht, absetzen gelassen, das Klare abgegossen und auf 100 Cubikcent. 20 Theile chem. rein. pulverisirter

Salpeter zugegeben. Diese Lösung hält sich, so weit meine Erfahrungen reichen, 6 Wochen. (Wahrscheinlich auch länger, da Mohr mit Kochsalz versetzte Stärkelösung ein ganzes Jahr conservirt hat.)

Behufs der praktischen Bestimmung wird von der zu prüfenden Silberlösung mit einer Vollpipette 1 Cubikcent. abgenommen, in ein Bechergläschen entleert und mit 1 Cubikcent. Salpetersäure und 10 bis 12 Tropfen Stärke versetzt. Dann läßt man einige Tropfen Jodkaliumlösung aus der Bürette zu. Ist die Lösung silberreich, so entsteht nur ein gelber Niederschlag, erst später stellt sich Blaufärbung ein, ist sie silberarm, so entsteht sogleich Blaufärbung, verschwindet aber beim Umschütteln. Man läßt nun im ersten Fall dreister, im letztern vorsichtiger Jodkaliumlösung unter fortwährendem Schwenken des Gläschens zufließen. Bald kommt man an einen Punkt, wo die Färbung beim Umschütteln *langsamer* verschwindet; dann schüttelt man heftiger. Schließlich genügt ein einziger Tropfen, um eine dauernde (beim Umschütteln nicht mehr verschwindende) Blau- oder Grünfärbung hervorzubringen. Die abgelesenen Bürettengrade geben unmittelbar den Silbersalzgehalt von 100 Cubikcentim. der zu prüfenden Flüssigkeit in Grammen an.

Bei starken Silberlösungen geht während des Versuchs oft eine eigenthümliche Aenderung der Stärke vor, die sich dadurch zu erkennen giebt, daß ein hineinfallender Tropfen Jodkaliumlösung keine, oder nur eine unreine Färbung hervorbringt, in diesem Falle setze man nachträglich noch einige Tropfen Stärkelösung hinzu, dann titrire man weiter.

Mehr als 50 Proben, die ich mit dieser Methode angestellt habe, haben ihre Zuverlässigkeit und leichte Ausführbarkeit dargethan und ergeben, daß Gehalt an *Säure, organischen Substanzen etc.* ihre Genauigkeit nicht beeinträchtigt. Nur bei Gegenwart von Substanzen, die die Iodstärkefärbung zerstören, als Quecksilbersalze, Zinnoxidul, arsenige Säure etc. oder die Lösung *färben*, wie z. B. Kupfer, ist die Methode nicht anwendbar.

Wie man bei Bestimmung der Silbergehalte einer festen Substanz zu verfahren habe, ergibt sich aus dem Vorhergehenden von selbst.

Berlin, im Januar 1865.

XII. Erscheinung am Inductionsfunken.

Die Wärme-Entwicklung, welche die Inductionsfunken in der Luft hervorbringen, übt auf die Bahn dieser Funken einen Einfluss aus, der mir — sagt Hr. E. Fernet in den *Comptes rendus T. LIX, p. 1005* — durch folgenden Versuch in netter Weise dargethan zu seyn scheint.

Zwei kleine, recht gerade Messingstäbe von etwa zwei Decimeter Länge, jeder auf einem isolirenden Gestell, werden fast lothrecht einander parallel gegenüber, im Abstand von einigen Centimetern aufgestellt; man rückt sie dann oben etwas weiter auseinander, so dass sie nach unten einen sehr scharfen Winkel bilden. Hierauf verbindet man sie beide mit den Enden der Inductionsrolle eines Ruhmkorffschen Apparats. Die Funken, welche bei jeder Oscillation des Unterbrechers überspringen, erscheinen zuerst, wie natürlich zwischen den einander nächsten Punkten der Stäbe, d. h. an den unteren Enden derselben. Allein bald verlassen sie diese Gegend, um an einem höheren Punkt zu erscheinen, bis sie an den oberen Theil gelangen, wo dieses Hinaufsteigen plötzlich aufhört. Nun springt der Funken wieder unten über und dieselbe Reihe von Erscheinungen wiederholt sich. Die Andauer der Licht-Eindrücke hat übrigens die Wirkung, dass man gleichzeitig nicht blofs eine Lichtlinie, sondern mehre derselben dicht neben einander erblickt, eine Art Leiter mit sehr glänzenden Sprossen im Dunklen, welche langsam und regelmäfsig zwischen den Stäben hinaufsteigt, abbricht, und dann abermals von unten an sich erhebt, ohne jemals die umgekehrte Bewegung zu zeigen.

Diese Resultate scheinen mir, sagt Hr. F., durch die Wärme bei der Entladung erklärt werden zu müssen. Der Uebergang eines jeden Funkens erzeugt in der Luft eine bedeutende Temperatur-Erhöhung; die Luft dehnt sich aus, steigt sogleich in die Höhe, und bewirkt, daß die obere Schicht, obwohl sie länger ist, einen geringeren Widerstand darbietet, wodurch dann der folgende Funke hier überspringt. Der Uebergang des zweiten Funkens wirkt eben so auf den dritten, und so fort bis die Entladung an den obersten Punkten der Stäbe stattfindet. Dann fährt die Luft zu steigen fort, aber der Funke begiebt sich wieder dahin, wo die Luftstrecke am kürzesten ist, d. h. nach dem untersten Punkte.

Diese Auslegung wird gerechtfertigt durch eine Abänderung des Versuchs. Stellt man nämlich die Stäbe nicht mehr in eine lothrechte, sondern in eine horizontale Ebene, jedoch immer etwas divergirend, so beobachtet man keine Verschiebung mehr, sondern der Funke erscheint immer zwischen den nächsten Punkten. Dasselbe ist der Fall wenn die Stäbe zwar in einer lothrechten Ebene stehen, aber nach oben convergiren. Selbst in der zuerst angegebenen Stellung kann man das Hinaufsteigen des Funkens plötzlich unterdrücken, wenn man von oben nach unten einen Luftstrom auf denselben richtet.